

G

UÍA PARA EL USO DEL BLOQUE TERMOARCILLA®

Criterios de diseño constructivo y ejecución de soluciones de una hoja de bloque Termoarcilla. Avances en la normalización y tecnología del producto.

Octubre 2004



CONSORCIO
TERMOARCILLA

Cerámica para
Construir



Castilla-La Mancha

QVI-
XOTE

IV Centenario
Castilla-La Mancha

Prohibida la reproducción total o parcial sin permiso del editor.

Consortio Termoarcilla.

C/ Orense, 10 - 28020 Madrid

Tel.: 91 770 94 80 Fax: 91 770 94 81

Producción Gráfica: Angón S.L.

Depósito Legal: M-14369-1999

Los datos incluidos en el presente documento ilustran el estado de la técnica en el momento de su publicación. No puede por lo tanto excluirse la posibilidad de que contenga inexactitudes. El usuario del presente documento acepta el riesgo. El Consorcio Termoarcilla declina toda responsabilidad que pudiera derivarse de daños que pudieran llegar a producirse por la utilización de estas soluciones constructivas.



Castilla-La Mancha

LA TERMOARCILLA, UN VIEJO PERO RENOVADO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Escucho la radio, leo los periódicos, veo los informativos de la televisión, y raro es el día en el que la vivienda no ocupa un lugar privilegiado en los medios de comunicación.

Todos somos conscientes de la necesidad que tienen muchos ciudadanos de España y, por extensión de Castilla-La Mancha, de contar con una vivienda lo suficientemente digna, y con un precio acorde con sus posibilidades económicas.

Pero, poco a poco, en esas noticias sobre vivienda, se van introduciendo otros ingredientes informativos que ponen de manifiesto aspectos como la calidad en la edificación o la compatibilidad de la vivienda y el medio ambiente.

El concepto de vivienda bioclimática o ecológica está cada vez más en boca de todos. Ahora es más frecuente que los ciudadanos en general y las administraciones en particular, nos preocupemos por ahorrar energía, por recuperar recursos naturales y, en definitiva, por demostrar un mayor respeto por el medio que nos rodea.

El diseño de las viviendas con orientaciones que permitan mayor confort para sus habitantes, la compatibilización de las áreas edificadas con zonas verdes, o la utilización de materiales como la Termoarcilla para la construcción de viviendas, está posibilitando que nuestro país se equipare con una Europa que lleva utilizando estas técnicas desde hace más de treinta años, y de la que todavía nos queda mucho por aprender.

Se abre ante nosotros un nuevo abanico de posibilidades en materia de edificación que debemos estudiar, potenciar y comprender para que podamos sentirnos orgullosos de estar a la vanguardia de la innovación en la construcción, al tiempo que dejemos este mundo en mejores condiciones de cómo lo encontramos para que lo puedan disfrutar las generaciones venideras.

La Termoarcilla, además de ser un material tremendamente interesante por las cualidades aislantes que posee para sus aplicaciones en muros, portantes y cerramientos exteriores de edificios para uso residencial, también se ha incorporado desde hace diez años al motor económico de Castilla-La Mancha, ya que en nuestra región son cinco las empresas productoras de este material que poseen un claro liderazgo en producción de empleo y de mano de obra.



Castilla-La Mancha

Térmicamente, la Termoarcilla presenta cualidades de aislamiento excelentes. Además, el tiempo de ejecución de un muro con bloques Termoarcilla puede ser mucho menor que con otros materiales, logrando un ahorro de tiempo en la ejecución de muros y, dado el menor uso de materiales (aislantes), se puede conseguir que la construcción con bloques de Termoarcilla sea mucho más económica que con los materiales sustitutos, más respetuosa con el medioambiente, más favorecedora para los habitantes de esas viviendas, en lo que se refiere al ahorro energético.

La idea no es nueva, pero sí renovada. Todos hemos visto en nuestros pueblos esos gruesos muros de las casas antiguas, en cuyo interior nos podemos cobijar del intenso frío en invierno y del agobiante calor en verano, sin que la temperatura de la vivienda experimente grandes variaciones.

Sirva pues, la información que el lector tiene en sus manos, para conocer un poco más este nuevo, pero a la vez antiguo, material de construcción como es el bloque Termoarcilla.

*Alejandro Gil Díaz
Consejero de Vivienda y Urbanismo*

Guía para el uso del bloque Termoarcilla[®]

Criterios de diseño constructivo y ejecución de soluciones de una hoja de bloque Termoarcilla[®]. Avances en la normalización y tecnología del producto

Octubre 2004

Índice

1. Definición y usos del sistema constructivo	7
1.1. Definición del sistema constructivo	7
1.2. Usos a los que está destinado	7
1.2.1. Muros portantes	7
1.2.2. Cerramientos exteriores (no portantes)	8
2. Elementos del sistema	9
2.1. Pieza base	10
2.2. Piezas complementarias	13
2.3. Morteros para tendeles	14
2.4. Revestimientos exteriores	16
2.4.1. Revestimientos con morteros monocapa	16
2.4.2. Revestimiento de pintura sobre un enfoscado	17
2.4.2.1. Pintura	17
2.4.2.2. Enfoscado	17
2.5. Otros elementos que intervienen en el sistema	18
2.5.1. Armaduras en tendeles	18
2.5.2. Otros elementos metálicos	18
2.5.2.1. Llaves para juntas de movimiento y enlace de muros	18
2.5.2.2. Conectores (encuentro con pilares en cerramientos exteriores)	19
2.5.2.3. Perfiles para dinteles	19
2.5.3. Mallas de refuerzo para el revestimiento exterior	20
2.5.4. Juntas de movimiento en muros y revestimientos	20
2.5.4.1. Material de sellado	20
2.5.4.2. Fondo de junta	20
2.5.4.3. Relleno interior de la junta	20
2.5.5. Barreras antihumedad	20
2.5.5.1. Barreras horizontales para evitar la ascensión capilar	20
2.5.5.2. Impermeabilización bajo alféizares y albardillas	20
2.5.6. Mortero de alta adherencia para fijar plaquetas de Termoarcilla®	21
2.5.7. Capa separadora en encuentro con pilares (cerramientos exteriores)	21
2.5.8. Fijaciones	21
3. Criterios de proyecto	23
3.1. Criterios generales	23
3.1.1. Criterios comunes a muros portantes y cerramientos exteriores	23
3.1.1.1. Modulación	23
3.1.1.1.1. Ajuste vertical	23
3.1.1.1.2. Ajuste horizontal	23
3.1.1.2. Juntas de movimiento	23
3.1.1.3. Utilización de otros materiales	24
3.1.1.4. Armado de los tendeles	26
3.1.1.5. Encuentro con tabiques cerámicos y divisiones no portantes de otros materiales	26
3.1.1.6. Criterios para zonas sísmicas	27
3.1.1.7. Revestimientos exteriores	27
3.1.1.7.1. Revestimientos con morteros monocapa	27
3.1.1.7.2. Revestimientos con pintura sobre enfoscado	27

3.1.2. Criterios específicos de muros portantes	28
3.1.2.1. Criterios estructurales	28
3.1.2.2. Forjados	28
3.1.2.3. Cimientos	29
3.1.2.4. Huecos, entrepaños, pilares y pilastras	29
3.1.3. Criterios específicos de cerramientos exteriores	31
3.1.3.1. Forjados	31
3.1.3.2. Juntas estructurales	31
3.1.3.3. Cimientos	31
3.1.3.4. Huecos y entrepaños	31
3.2. Soluciones y detalles constructivos	32
3.2.1. Esquinas	32
3.2.2. Encuentro de muros	33
3.2.3. Juntas de movimiento	50
3.2.3.1. Juntas de movimiento verticales	50
3.2.3.2. Juntas de movimiento verticales coincidentes con juntas de dilatación estructurales	52
3.2.3.3. Juntas de movimiento horizontales	52
3.2.4. Peto de azotea y albardillas	53
3.2.4.1. El peto	53
3.2.4.2. Albardillas	53
3.2.5. Arranque de muros	55
3.2.5.1. Arranque situado por encima de la cota del terreno o del pavimento exterior	55
3.2.5.2. Arranque situado por debajo de la cota del suelo o del pavimento exterior	55
3.2.6. Dinteles	57
3.2.6.1. Dinteles	57
3.2.6.2. Dinteles con caja de persiana	60
3.2.7. Arcos y ventanas redondas	61
3.2.8. Jambas	62
3.2.9. Antepecho y alféizar	63
3.2.9.1. Antepecho	63
3.2.9.2. Alféizar	63
3.2.10. Entrega de la carpintería con el hueco	64
3.2.11. Tramos de muro curvos	68
3.2.12. Apoyo del forjado (muros portantes)	70
3.2.13. Apoyo del último forjado en el caso de azotea (muros portantes)	76
3.2.14. Apoyo del último forjado en el caso de tejado (muros portantes)	78
3.2.15. Encuentro con el forjado (cerramientos exteriores)	80
3.2.15.1. Encuentro con el forjado	80
3.2.15.2. Variante con perfil metálico	83
3.2.16. Encuentro con pilares (cerramientos exteriores)	85
4. Cálculo	89
4.1. Criterios para el cálculo estructural de muros	89
4.2. Criterios a considerar en el cálculo de estructuras porticadas con cerramientos de bloque Termoarcilla®	91
4.3. Muros de sótano de fábrica sin armar	91

5. Criterios de ejecución	93
5.1. Colocación de los bloques	94
5.2. Bloques y piezas complementarias utilizados en obra	97
5.3. Uso de otros materiales cerámicos	99
5.4. Colocación de miras y plomos	99
5.5. Replanteo de los bloques	99
5.5.1. Replanteo horizontal	99
5.5.2. Replanteo vertical	99
5.6. Principios y criterios básicos para ejecutar la fábrica	100
5.6.1. Principios básicos	100
5.6.2. Criterios básicos	100
5.7. Tolerancias de la fábrica y control de la ejecución	104
5.8. Desplomes admisibles de las caras de los forjados en el caso de cerramientos	104
5.9. Ajuste dimensional	104
5.10. Corte de los bloques	106
5.11. Prevención de retracciones excesivas en el hormigón de los forjados	106
5.12. Rozas y rebajes	107
5.12.1. Muros portantes	107
5.12.2. Cerramientos	108
5.13. Otros aspectos relativos a la ejecución de la fábrica	109
5.14. Revestimientos exteriores	109
5.15. Armaduras en los tendeles	110
5.16. Requisitos de las empresas ejecutoras o aplicadoras	111
5.16.1. Colocación de bloques Termoarcilla®	111
5.16.2. Aplicación del revestimiento monocapa de cemento	111
5.16.3. Aplicación del revestimiento monocapa de cal y cemento	111
5.16.4. Aplicación de la pintura	111
5.16.5. Colocación de anclajes metálicos para la fijación de perfiles metálicos en el encuentro con el forjado	111
6. Proceso de producción del bloque Termoarcilla®2	113
6.1. Extracción y homogeneización	114
6.2. Almacenamiento	115
6.3. Desmenuzado	115
6.4. Dosificación y mezclado	116
6.5. Molienda	117
6.6. Almacenamiento en silo-pudridero	119
6.7. Amasado y extrusión	119
6.8. Cortado	121
6.9. Secado	121
6.10. Cocción	122
6.11. Tratamientos finales	123
6.12. Producto final, paletizado y apilado	123
7. Normalización y certificación	125
7.1. Especificaciones según UNE 136010.	125
7.2. Marcado CE	125

7.2.1. Certificación de la conformidad CE	126
7.2.1.1. Control de producción	127
7.2.1.2. Ensayos iniciales de tipo	128
7.2.1.3. Certificado CE y Declaración de Conformidad	129
7.2.2. Información del mercado CE y etiquetado	129
7.3. DAU	131
7.3.1. Definición	131
7.3.2. DAU Termoarcilla	132
8. Evolución del sector	133

1. Definición y usos del sistema constructivo

1.1. Definición del sistema constructivo

El sistema de obra de fábrica con bloque Termoarcilla® es un sistema de una hoja revestida, formado por bloques cerámicos de arcilla aligerada Termoarcilla®, con perforaciones verticales y junta vertical machihembrada, colocados con junta horizontal de mortero y junta vertical a hueso. Para la resolución de encuentros y puntos singulares se utilizan piezas complementarias o piezas base cortadas por medios mecánicos, según el caso.

Los revestimientos exteriores considerados son¹:

- Mortero monocapa de cemento
- Mortero monocapa de cal y cemento
- Pintura sobre enfoscado tradicional

El revestimiento interior es un enyesado con las mismas características que los utilizados en obra de fábrica tradicional.

1.2. Usos a los que está destinado

1.2.1 Muros portantes

Las soluciones descritas están destinadas al uso en edificios de muros de carga de hasta tres alturas, de aproximadamente tres metros entre forjados², para uso residencial³.

Los muros pueden ser de cualquier espesor en función del cálculo, salvo aquellos que estén en contacto con el ambiente exterior, cuyo espesor mínimo debe ser de 24 cm para las soluciones consideradas en este DAU. El espesor utilizado debe cumplir los diferentes requisitos de la normativa vigente, de acuerdo con la ubicación del muro en el edificio.

Los muros de las plantas sótano pueden resolverse con fábrica de bloques Termoarcilla® sin armar⁴, si se cumplen los criterios del Anexo E del Eurocódigo 6, Parte 1-1.

¹ Aunque no se ha considerado en este documento, también es posible emplear otros revestimientos exteriores en muros con bloques Termoarcilla®.

² Aunque no se ha considerado en este documento, también es posible la construcción de muros de más de tres metros de altura con bloques Termoarcilla®.

³ El hecho de que este documento de criterios de construcción especifique el uso residencial, no excluye otros usos para el bloque Termoarcilla®. Por "uso residencial" entendemos edificios o zonas destinadas al alojamiento de personas, ya sea temporal o permanentemente. No incluye zonas o partes del edificio con exigencias funcionales superiores a las de la vivienda, como zonas de reunión culturales, recreativas o religiosas.

⁴ Aunque no se ha considerado en este documento, también es posible resolver los muros de planta sótano con fábrica armada de Termoarcilla®.

En relación con las acciones sísmicas, el uso de las soluciones consideradas se ha previsto para zonas con a_c/g ⁵ menor que 0,13 según la NCSE-94, siempre y cuando se cumplan las especificaciones de esta norma⁶.

Dentro de las zonas consideradas, cuando $a_c/g = 0,12$ los edificios tendrán un máximo de dos alturas.

1.2.2 Cerramientos exteriores (no portantes)

Las soluciones descritas están destinadas al uso en edificios con estructura porticada de hormigón⁷ para uso residencial⁸.

Los cerramientos exteriores tendrán un espesor que debe cumplir los requisitos de la normativa vigente, y deberán ser como mínimo de 24 cm para las soluciones consideradas en este DAU.

En relación con las acciones sísmicas, el uso de las soluciones consideradas se ha previsto para zonas con a_c/g ⁹ menor que 0,13 según la NCSE-94, siempre y cuando se cumplan las especificaciones de esta norma¹⁰.

⁵ Se entiende por a_c la aceleración sísmica de cálculo y por g la aceleración de la gravedad.

⁶ En zonas con a_c/g mayor o igual a 0,13 se utilizarán soluciones diseñadas de acuerdo con los criterios de la NCSE-94 para estas zonas.

⁷ Aunque no se han considerado en este documento, también es posible utilizar soluciones con fábrica de Termoarcilla® en edificios con estructura metálica.

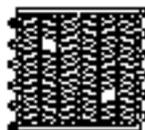
⁸ El hecho de que este documento de criterios de construcción especifique el uso residencial, no excluye otros usos para el bloque Termoarcilla®. Por "uso residencial" entendemos edificios o zonas destinadas al alojamiento de personas, ya sea temporal o permanentemente. No incluye zonas o partes del edificio con exigencias funcionales superiores a las de la vivienda, como zonas de reunión culturales, recreativas o religiosas.

⁹ Se entiende por a_c la aceleración sísmica de cálculo y por g la aceleración de la gravedad.

¹⁰ En zonas con a_c/g mayor o igual a 0,13 se utilizarán soluciones diseñadas de acuerdo con los criterios de la NCSE-94 para estas zonas.

2. Elementos del sistema

PIEZAS BASE



1. 20x20x19



2. 20x20x19

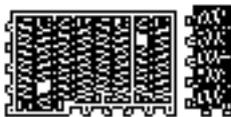


3. 30x12x19



4. 20x14x19

PIEZAS DE ESQUINA



20x20x19



14x20x19

PIEZAS MEDIAS



10x24x19

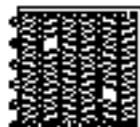


10x21x19

PIEZAS DE TERMINACIÓN

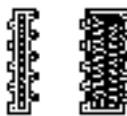


20x24x19



33x20x19

PIEZAS DE AJUSTE O MODULACIÓN



0x24x19



10x24x19



3x20x19

14x20x19

PIEZAS DE AJUSTE VERTICAL



1. 20x20x14
20x20x14



2. 20x20x14
20x20x14



3. 20x12x14
20x12x14



4. 20x14x14
20x14x14

PLAQUETAS ◊ PIEZAS DE EMPARCHE



20x20x10



20x12x10

PIEZAS DE DINTEL



20x20x10



20x20x10



20x12x10



20x14x10



20x10x10

Figura 1: Piezas del sistema.

Los bloques Termoarcilla® son piezas de cerámica aligerada que cumplen con la norma UNE 136.010:2000 *Bloques cerámicos de arcilla aligerada. Designación y especificaciones*, tanto en sus piezas base como en las piezas complementarias.

El bloque Termoarcilla® con sus diferentes piezas debe disponer de la Marca N de AENOR o de cualquier otra certificación de calidad equivalente.

A partir de la aprobación de la norma europea armonizada EN 771-1, los bloques deberán cumplir dicha norma según los plazos previstos para su aplicación.

2.1. Pieza base

Las dimensiones nominales de fabricación de las piezas base recomendadas por el Consorcio son:

300 x 288 x 190 mm

300 x 240 x 190 mm

300 x 192 x 190 mm

300 x 144 x 190 mm

Pueden existir variaciones de los valores nominales de fabricación en las piezas de los fabricantes.

Para los usos considerados, las piezas se identifican con las siguientes características:

- Dimensiones nominales de fabricación
- Tolerancias dimensionales: máxima diferencia con respecto a las dimensiones nominales (UNE 67030)
- Masa¹¹
- Resistencia característica¹² a compresión: valor mínimo garantizado (UNE 67026)
- Densidad aparente de la pieza¹³
- Densidad aparente de la arcilla aligerada (UNE-EN 772-3)
- Superficie de perforaciones (UNE-EN 772-3)
- Absorción de agua (UNE 67027)
- Succión por tabla (UNE 67031)
- Succión por canto (UNE 67031)
- Expansión por humedad (UNE 67036)
- Heladicidad (UNE 67028)

Nota sobre el ensayo de heladicidad, según UNE 67028:

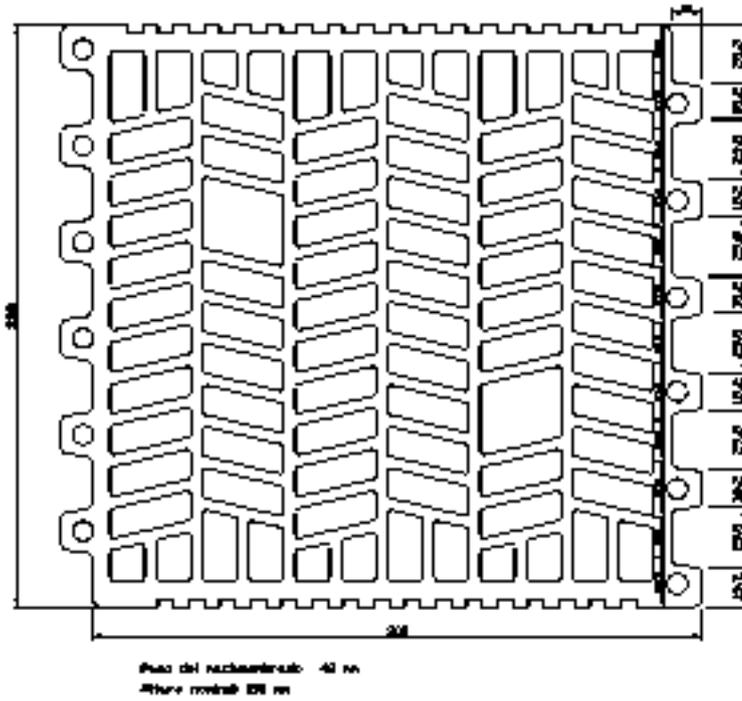
En el caso de que se defina un método de ensayo alternativo que permita evaluar la durabilidad del bloque y su resistencia a las heladas cuando el bloque está saturado, se podrá aceptar su aplicación en lugar del indicado, siempre que se disponga de evidencias que lo demuestren.

¹¹ Masa seca. Valor obtenido en el ensayo de densidad aparente de la arcilla aligerada.

¹² Valor obtenido según UNE 67019 a partir de los valores normalizados de la resistencia de cada probeta y de la resistencia media.

¹³ Valor obtenido en el ensayo de densidad aparente de la arcilla aligerada.

PIEZA BASE TERMOARCILLA® DE 29 CM



PIEZA BASE TERMOARCILLA® DE 24 CM

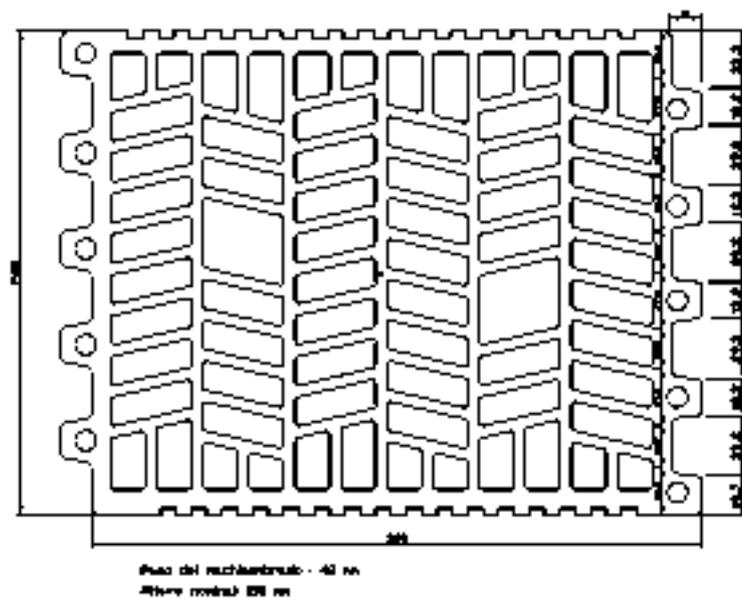


Figura 2: Piezas base de 29 y 24 cm.

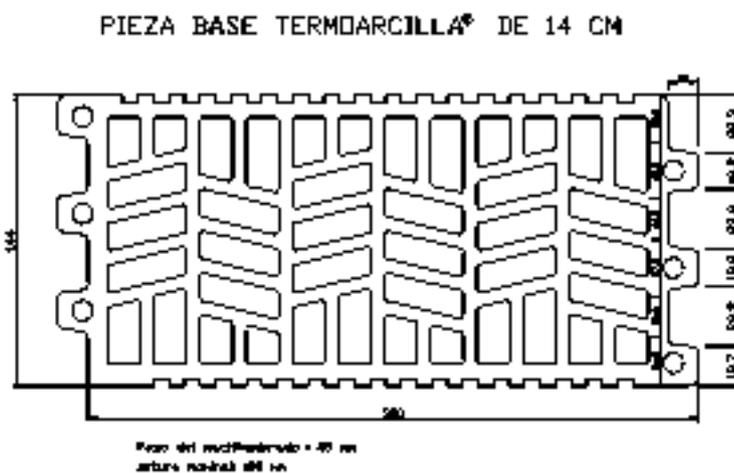
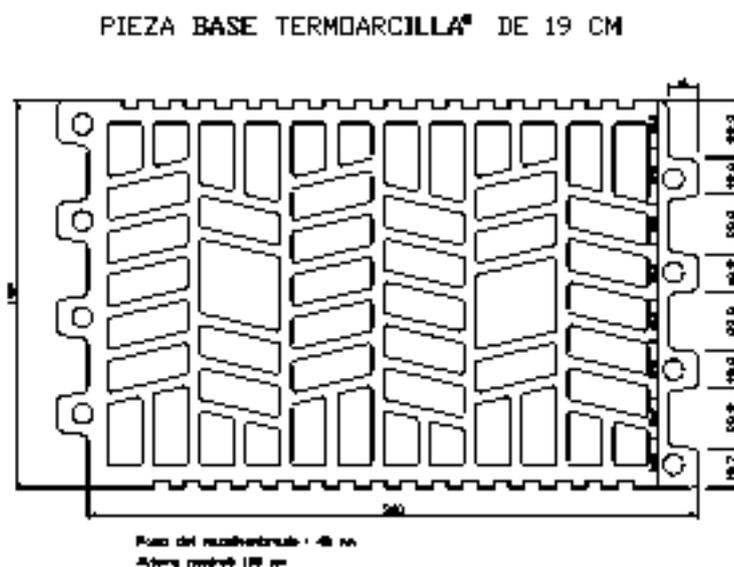


Figura 3: Piezas base de 19 y 14 cm.

Los valores de dichas características son suministrados por cada fabricante.

Por motivos de durabilidad no es recomendable utilizar bloques heladizos, en particular en zonas con posibilidad de heladas. De utilizarse, deberán adoptarse medidas en el proyecto, ejecución y mantenimiento del edificio para evitar el riesgo de saturación de los bloques en estas zonas.

Las normas UNE indicadas serán utilizadas mientras no entren en vigor las correspondientes normas europeas (UNE EN).

2.2. Piezas complementarias

Las piezas complementarias que pueden ser utilizadas en el sistema, con las medidas recomendadas, son las siguientes:

Piezas Complementarias	p. 29	p. 24	p. 19	p. 14
Esquina	14 x 29 x 19	9 x 24 x 19	34 x 19 x 19	30 x 14 x 19
	44 x 29 x 19	39 x 24 x 19		
Media	15 x 29 x 19	15 x 24 x 19	15 x 19 x 19	15 x 14 x 19
Ajuste vertical	30 x 29 x 9	30 x 24 x 9	30 x 19 x 9	30 x 14 x 9
	30 x 29 x 14	30 x 24 x 14	30 x 19 x 14	30 x 14 x 14
Terminación	30 x 29 x 19	30 x 24 x 19	30 x 19 x 19	30 x 14 x 19
Ajuste o modulación	5 x 29 x 19	5 x 24 x 19	5 x 19 x 19	5 x 14 x 19
	10 x 29 x 19	10 x 24 x 19	10 x 19 x 19	10 x 14 x 19
Plaquetas	30 x 4,8 x 19 30 x 9,6 x 19 24 x 9,6 x 19 (esquina)			
Dintel (pieza en U)	20 x 29 x 19	20 x 24 x 19	20 x 19 x 19	20 x 14 x 19
	20 x 10 x 19			

Dimensiones en centímetros.

Tabla 1: Piezas complementarias.

También existen otras piezas complementarias producidas por algunos fabricantes, como por ejemplo piezas de ángulo.

La fabricación de piezas complementarias varía según cada fabricante, tanto en tipos como en dimensiones. Todas las piezas se producen con un mismo paso de machihembrado, que es común a todos los fabricantes.

En el DAU quedarán recogidas las piezas producidas por cada fabricante, con sus gráficos y dimensiones nominales de fabricación.

La resistencia característica a compresión de las piezas complementarias tiene el mismo valor garantizado que la pieza base del ancho correspondiente. Dicho valor será declarado por el fabricante en el DAU.

Las piezas complementarias que se suministren unidas deberán disponer de un sistema de precorte claramente definido que permita obtener mediante corte manual la pieza complementaria acorde con las dimensiones especificadas en el DAU, adecuada para su uso sin necesidad de manipulación posterior.

Utilización de las piezas complementarias

Si bien es recomendable, en aras a la racionalización del proceso constructivo, la utilización de piezas complementarias, también se admitirá el uso de piezas cortadas en la resolución de los puntos singulares (véanse los criterios específicos para los diferentes casos en el apartado 3.2), cuando las prestaciones de la fábrica no puedan verse disminuidas y siempre que en obra se disponga de los medios de corte adecuados (véase el apartado 5.10 “Corte de los bloques”).

En general, para la ejecución de la fábrica es recomendable disponer como mínimo de las siguientes piezas complementarias: pieza de terminación, pieza media, pieza de ajuste vertical, plaqueta de 4,8 y pieza de dintel (24 o 29, según el espesor del muro exterior). La pieza media puede ser sustituida por piezas de terminación cortadas en obra con los medios adecuados. La plaqueta de 4,8 solo será necesaria cuando se resuelvan los frentes de los forjados con plaquetas colocadas con mortero de alta adherencia¹⁴.

2.3. Morteros para tendeles

Se recomienda utilizar morteros de cal y cemento, cuyas condiciones mínimas sean las siguientes:

- Resistencia a compresión: M7, 5 o superior
- Dosificación recomendada: 1 : 1/4 : 4
- Consistencia máxima: asentamiento cono de Abrams = 17 ± 2 cm
- Granulometría según criterios de la NB FL-90; se recomienda utilizar la indicada en la tabla siguiente:

Tamiz UNE 7050 (mm)	Porcentaje en peso que pasa	Condiciones
4,00 *	A	A = 100
2,50	B	80 ≤ B ≤ 100 *
1,25	C	30 ≤ C ≤ 100 C-D ≤ 50
0,63	D	15 ≤ D ≤ 70 D-E ≤ 50
0,32	E	5 ≤ E ≤ 50 C-E ≤ 70
0,16	F	0 ≤ F ≤ 30
0,08	G	0 ≤ G ≤ 15 *

* Condiciones modificadas respecto NBE FL-90.

Tabla 2: Granulometría.

¹⁴ Para este uso no se utilizarán plaquetas obtenidas por precorte en fábrica o en obra.

Es recomendable, en particular para muros portantes, utilizar estos morteros, producidos en fábrica, o en obra mediante dosificadores, con el fin de asegurar que sus características sean constantes.

Para el uso de otros morteros, considerar los criterios indicados en el cuarto punto del apartado 4.3 “Criterios para el cálculo estructural de muros”.

Componentes del mortero:

- **Cementos:**

Los cementos cumplirán las especificaciones de la Instrucción RC vigente: “Instrucción para la recepción de cemento”.

Se utilizarán los mismos cementos que para la obra de fábrica tradicional.

- **Arenas:**

Se utilizarán arenas normalizadas, que no contengan materias orgánicas que puedan alterar las características del mortero.

La arena pasará por un tamiz de abertura de 4 mm (véase la granulometría recomendada).

Deben cumplir con las especificaciones de la norma UNE 146.110:1996 *Áridos para morteros*.

- **Cales:**

Se utilizará cal aérea apagada, de acuerdo con las especificaciones de la norma UNE-ENV 459-1:1996 *Cales para construcción. Parte 1: Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad*.

- **Aguas:**

Tanto para el amasado como para el humedecimiento de los bloques, se utilizarán aguas potables o aguas sancionadas como aceptables por la práctica, que no afecten las propiedades del mortero ni de los elementos metálicos colocados en los tendeles. En caso de duda, se cumplirán las condiciones de la NBE FL-90 con las normas UNE referenciadas, actualizadas.

- **Aditivos:**

Se utilizarán en una proporción no superior al 5% del peso del cemento. No deben afectar desfavorablemente a la calidad de la fábrica ni a su durabilidad. En el caso de la colocación de armaduras o elementos metálicos en los tendeles, no podrán utilizarse aditivos que contengan cloruro cálcico u otros componentes que puedan ocasionar o favorecer la corrosión de las armaduras.

Se tomará como referencia la norma UNE-EN 934-2:1998 *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones y Requisitos*.

2.4. Revestimientos exteriores

Con el fin de evitar problemas causados por posibles fisuraciones en zonas traccionadas de la fábrica, para revestir las fachadas se utilizarán revestimientos y/o soluciones constructivas que puedan absorber las posibles fisuras sin pérdida de impermeabilidad.

Es importante que el revestimiento exterior sea lo suficientemente permeable (al vapor) como para evitar la condensación del vapor en su trasdós y lo suficientemente impermeable como para que el agua de la lluvia no impregne la cara exterior de los bloques.

2.4.1 Revestimientos con morteros monocapa

a. Morteros monocapa de cemento:

Se considerará un mortero monocapa que cumpla las siguientes condiciones:

- Dispondrá de un DIT o un DAU
- La retención de agua será superior al 92%, según el método indicado en: *Cahiers du CSTB. Livraison 341. Julio-agosto 1993. Cahier 2669-4* (valor recomendado por ANFAPA)
- El coeficiente de capilaridad será inferior a $1,5 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$, según método indicado en: *Cahiers du CSTB. Livraison 341. Julio-agosto 1993. Cahier 2669-4* (valor recomendado por ANFAPA)
- El espesor medio será de 15 mm, con un mínimo de 10 mm (excepto en las juntas, donde el mínimo será de 8 mm debajo del junquillo)
- Se aplicará previamente una capa de raseo fina con el mismo mortero, excepto cuando la aplicación del monocapa se realice con máquina de proyectar (recomendación de ANFAPA)

Véanse las condiciones de puesta en obra en el apartado 5.14.

b. Morteros monocapa de cal y cemento:

Se considerará un mortero monocapa de cal y cemento que disponga de un certificado de calidad, como el CSTBat, o en su defecto de alguno de los documentos indicados en 2.4.1, con las siguientes condiciones:

- Clasificación MERUC:
 - M4 (masa volúmica entre 1400 y 1800 Kg/m³)
 - E3 (módulo de elasticidad entre 5000 y 10000 MPa)
 - R4 (resistencia a la tracción entre 2,9 y 3,5 MPa)
 - U6 (retención de agua comprendida entre 95 y 100%)
 - C1 (capilaridad inferior a $1,5 \text{ g/dm}^2 \cdot \text{min}^{1/2}$)

- El espesor mínimo será de 12 mm (después del raspado).
- Para la aplicación manual, también es recomendable ejecutar previamente una capa de raseo con el mismo mortero. Para la aplicación con máquina de proyección, véanse las instrucciones del fabricante.

Véanse las condiciones de puesta en obra en el apartado 5.14.

2.4.2 Revestimiento de pintura sobre un enfoscado

2.4.2.1 Pintura

Se considerarán pinturas elásticas que dispongan de una ficha técnica con sus características definidas, y que cumplan las especificaciones del PNE 48244 EX : 2001, o proyecto o norma aprobado posteriormente:

- La velocidad de transmisión agua-vapor (permeabilidad), determinada según la norma UNE-EN ISO 7783-2, será media o alta, lo cual supone un valor superior a $15 \text{ g/m}^2 \cdot \text{día}$.
- La permeabilidad al agua será baja, inferior a $0,1 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{h}^{1/2}$
- La resistencia a los álcalis se ajustará a lo indicado en el PNE 48244 EX : 2001
- La adherencia se ajustará a lo indicado en el PNE 48244 EX : 2001: el valor medio de tres determinaciones debe ser superior a 1,5 MPa.
- La resistencia al envejecimiento acelerado se ajustará a lo indicado en el PNE 48244 EX : 2001
- El poder cubriente se ajustará a lo indicado en el PNE 48244 EX : 2001: la relación de contraste no será inferior a 0,98 para el color blanco, o a 0,95 para otros colores.

Además, para poder puentear pequeñas fisuras¹⁵:

- El alargamiento a la rotura será superior al 120 %.

2.4.2.2 Enfoscado

Se utilizará un enfoscado tradicional (como mínimo, de dos capas) realizado según los criterios constructivos de cada zona, compatible con las especificaciones de la pintura que se aplicará sobre el mismo.

Para la pintura y el enfoscado, véanse las condiciones de puesta en obra en el apartado 5.14.

¹⁵ Si las fisuras se generan después de aplicado el revestimiento, el alargamiento a la rotura tendrá un valor considerablemente más bajo que el especificado (en este caso, el alargamiento relativo es infinito).

2.5. Otros elementos que intervienen en el sistema

2.5.1 Armaduras en tendeles

Cuando sean necesarias, se utilizarán armaduras de acero inoxidable, acero galvanizado o aceros protegidos con resinas epoxi, según el tipo de exposición, debido a que en los tendeles el recubrimiento del mortero no garantiza la protección de la armadura, por lo que ya debe estar protegida de por sí.

Véase la tabla 5.1: "Elección del acero de armar para su durabilidad", de la norma UNE-ENV 1996-1-1 (Eurocódigo 6, Parte 1-1).

También se tendrán en cuenta las especificaciones de la norma UNE-EN 845-3 *Especificaciones de componentes auxiliares para fábrica de albañilería. Parte 3: Armaduras de tendel prefabricadas de malla de acero.*

2.5.2 Otros elementos metálicos

Además de las especificaciones indicadas a continuación, podrán considerarse soluciones alternativas según el Eurocódigo 6, Parte 2, Anexo C (informativo) *Elección de especificaciones de materiales y protección frente a la corrosión para componentes auxiliares de acuerdo con la clase de exposición*, y las normas UNE-EN 845¹⁶.

2.5.2.1 Llaves para juntas de movimiento y enlace de muros

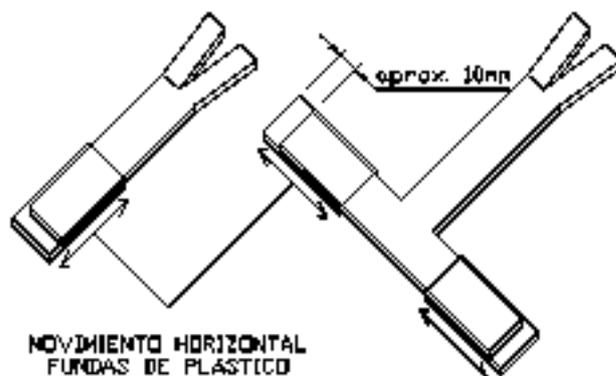


Figura 4: Llaves para juntas de movimiento.

Se utilizarán anclajes con las siguientes características:

- Sección del anclaje: 2 x 20 mm
- Tipo de acero: Acero inoxidable o galvanizado¹⁶ A2 (W. Nr 1.4301) = AISI 304
- Límite elástico: 240 N/mm²
- Norma de referencia utilizada: Norma inglesa DD 140
- Material de la funda: Plástico
- Características: Carga Cortante 1,5 KN (el coeficiente de seguridad aplicado es de $\gamma=3$)

¹⁶ Debe tenerse en cuenta que la utilización de aceros galvanizados puede conllevar una menor durabilidad de las soluciones, y que dichos accesorios sólo estarán parcialmente recubiertos por mortero.

En el caso de llaves para ejecutar enlaces con muros de otros materiales o divisiones no portantes, o cuando sea necesario entre muros de bloque Termoarcilla®, pueden considerarse las especificaciones del Eurocódigo 6, Parte 2, Anexo C (informativo).

2.5.2.2 Conectores (encuentro con pilares en cerramientos exteriores)

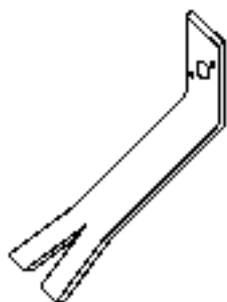


Figura 5: Conectores.

Se utilizarán conectores con las siguientes características:

- Sección del anclaje: 2,5 x 20 mm
- Longitud del anclaje: 200 mm
- Tipo de acero: Acero inoxidable o galvanizado¹⁷ A2 (W. Nr 1.4301) = AISI 304
- Límite elástico: 240 N/mm²
- Norma de referencia utilizada: Norma inglesa DD 140

2.5.2.3 Perfiles para dinteles

Se utilizarán perfiles metálicos laminados, conformados en frío o soldados, dimensionados de acuerdo con las cargas que vayan a soportar.

El tratamiento o protección de estos perfiles será similar a los utilizados en la obra de fábrica tradicional, según el tipo de exposición.

Para dinteles prefabricados metálicos se tendrá en cuenta la norma UNE-EN 845-2 *Especificaciones de componentes auxiliares para fábrica de albañilería. Parte 2: Dinteles.*

¹⁷ Debe tenerse en cuenta que la utilización de aceros galvanizados puede conllevar una menor durabilidad de las soluciones, y que dichos accesorios sólo estarán parcialmente recubiertos por mortero.

2.5.3 Mallas de refuerzo para el revestimiento exterior

En los puntos o zonas donde sea necesario, se colocarán mallas de fibra de vidrio resistente a los álcalis, o de poliéster, con una resistencia a la tracción de 25 Kp/cm (antes de aplicar el revestimiento). Dichas mallas se colocarán en el centro del espesor del revestimiento.

2.5.4. Juntas de movimiento en muros y revestimientos

2.5.4.1 Material de sellado

Se utilizará una masilla de poliuretano, monocomponente, de bajo módulo de elasticidad y polimerización acelerada para el sellado de juntas de dilatación, especialmente por la cara exterior de la junta. Se recomienda una masilla de la clase 25-LM, según la norma UNE 104.307:2001.

2.5.4.2 Fondo de junta

Se utilizará un perfil de espuma de polietileno para relleno de juntas con un diámetro adecuado, según la anchura de la junta, y con las siguientes características:

- Densidad: aproximadamente 35 kg/m³
- Ancho: superior en un 25 % al ancho de la junta

2.5.4.3 Relleno interior de la junta

Se utilizará un material aislante con una deformabilidad compatible con los movimientos de la junta (véanse otros requisitos en el apartado 3.2.3).

2.5.5. Barreras antihumedad

2.5.5.1 Barreras horizontales para evitar la ascensión capilar

Se utilizarán las mismas soluciones que para la obra tradicional, con las mismas limitaciones en función de las acciones horizontales que puedan producirse.

2.5.5.2 Impermeabilización bajo alféizares y albardillas

Cuando el alféizar sea discontinuo o de materiales porosos que puedan permitir el paso del agua (piedra, cerámica y otros), se colocará una impermeabilización bajo el mismo.

Se colocará una membrana impermeable adecuada o se aplicará un mortero impermeabilizante monocomponente a base de cemento, resinas sintéticas y humo de sílice, al igual que puede hacerse en la fábrica tradicional.

2.5.6. Mortero de alta adherencia para fijar plaquetas de Termoarcilla®

Se utilizará un mortero cola de altas prestaciones para la colocación de piezas cerámicas mediante pegado continuo en capa gruesa, con adherencia a 28 días superior a 1MPa (10 Kg/cm²), apto para el uso en paramentos exteriores.

2.5.7. Capa separadora en encuentro con pilares (cerramientos exteriores)

Se utilizará una lámina de espuma de polietileno (polietileno reticulado) que se colocará en la superficie de contacto del pilar con el cerramiento, con un espesor mínimo de 5 mm.

Cuando se requiera reforzar el aislamiento térmico, puede sustituirse la lámina de espuma por material aislante de espesor suficiente, con una capacidad de deformación similar.

2.5.8. Fijaciones

Para cargas elevadas, como calderas o estanterías muy cargadas, se utilizarán anclajes químicos de acuerdo con las indicaciones del fabricante de fijaciones.

Para cargas moderadas, como fregaderos o estanterías, se utilizarán anclajes mecánicos o anclajes químicos, según las características del bloque y la entidad de la carga a soportar.

Para cargas leves podrán utilizarse tacos de plástico universales.

3.

Criterios de proyecto

3.1. Criterios generales

Se recomienda la aplicación del Eurocódigo 6, Partes 1-1, 1-3 y 2, excepto en aquellos aspectos específicos o más restrictivos definidos en este documento para la fábrica de bloque Termoarcilla®.

3.1.1. Criterios comunes a muros portantes y cerramientos exteriores

3.1.1.1 Modulación

- Aunque no es imprescindible, se recomienda modular el proyecto como mínimo horizontalmente (módulo = media pieza), con el fin de reducir el corte de piezas, en particular en los tramos cortos (por ejemplo, machones).

3.1.1.1.1 Ajuste vertical

- Cuando sea necesario ajustar la altura del lienzo, se colocarán piezas de ajuste vertical y/o se jugará con el espesor de la junta horizontal (de 1 a 1,5 cm).
- En el caso de cerramientos exteriores se recomienda utilizar la pieza de ajuste vertical para ejecutar la última hilada debajo de cada forjado. Se dejarán 2 cm de separación entre el muro y el forjado, que se rellenarán con un material aislante, según lo indicado en 2.5.4.3.
- Las piezas de ajuste vertical pueden obtenerse por corte en obra con los medios adecuados (véase el apartado 5.10 "Corte de los bloques").

3.1.1.1.2 Ajuste horizontal

- Cuando sea necesario ajustar la longitud de la hilada a la del muro o cerramiento, se colocarán piezas de ajuste de 5 o 10 cm, o bien piezas cortadas con los medios adecuados (véanse los apartados 5.9 "Ajuste dimensional" y 5.10 "Corte de los bloques").

3.1.1.2 Juntas de movimiento

- En muros de carga y muros interiores, la separación de las juntas de movimiento deberá tener en cuenta la necesidad de mantener la integridad estructural y los efectos de los huecos, las coacciones y las variaciones previstas de temperatura y humedad.

En muros exteriores pueden tener una incidencia importante aspectos como el asoleo, el color, la exposición de los frentes de los forjados y las condiciones de uso interior del edificio, entre otros.

- En muros de cerramiento no estructurales, la separación de las juntas de movimiento verticales será como máximo de 12 m, tal como indica el Eurocódigo 6, Parte 1-1, para la fábrica de piezas cerámicas (véase el apartado 3.2.3.1). En caso de armar los tendeles, la distancia máxima podrá aumentarse hasta aproximadamente un 30% (hasta 16 m).

La distancia máxima entre la junta de movimiento y una esquina del edificio deberá disminuir aproximadamente a la mitad.

- En los petos de cubierta y muros expuestos por ambas caras, estas longitudes máximas (sin/con armadura en tendel) también deberán reducirse a la mitad de las indicadas, para los cerramientos no estructurales.

Para los petos resueltos con la solución alternativa de hormigón, véase el apartado 3.2.4.1.

- En el diseño de los edificios es recomendable hacer coincidir las juntas de movimiento vertical del muro o cerramiento con las juntas de dilatación de la estructura (véase el apartado 3.2.3.2).
- Cuando sea necesario, también se preverán juntas de movimiento horizontales (véase el apartado 3.2.3.3).

3.1.1.3 Utilización de otros materiales

- En general, no se utilizarán materiales que no sean de cerámica aligerada Termoarcilla® para la resolución del muro de carga o del cerramiento exterior en cualquiera de sus puntos, salvo en aquellos casos en los que se indique lo contrario en este documento. Dichos materiales deberán ser especificados en proyecto (por ejemplo, dinteles, cajas de persiana y elementos curvos).
- En cerramientos exteriores (en edificios con estructuras porticadas), pueden combinarse diferentes soluciones o materiales, siempre que las uniones entre los mismos se resuelvan adecuadamente mediante juntas de movimiento.
- Los tabiques y divisiones interiores no portantes podrán ser de otros materiales. Véase el apartado 3.1.1.5 “Encuentro con tabiques cerámicos y divisiones no portantes de otros materiales”.
- En estructuras de fábrica, todos los muros que formen parte de la misma deberán ser del mismo material (paredes portantes o de arriostramiento). Sin embargo, ya que la obra tradicional sanciona como válida, en general, la utilización de piezas de distinto formato en encuentros de paredes portantes y de arriostramiento, se admite dicha solución, siempre que los valores de resistencia a compresión y módulo de deformación de la fábrica sean similares, y la traba se ejecute correctamente.

Se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El cambio de material deberá ser considerado en proyecto, con los requisitos indicados. La compatibilidad modular necesaria para una buena traba entre los diferentes muros deberá justificarse mediante detalle gráfico.
- Sea cual sea el material del muro de arriostramiento, en el forjado deberá preverse un zuncho o una vigueta sobre el muro de arriostramiento, no aceptándose la colocación de bovedillas coincidentes con el muro.

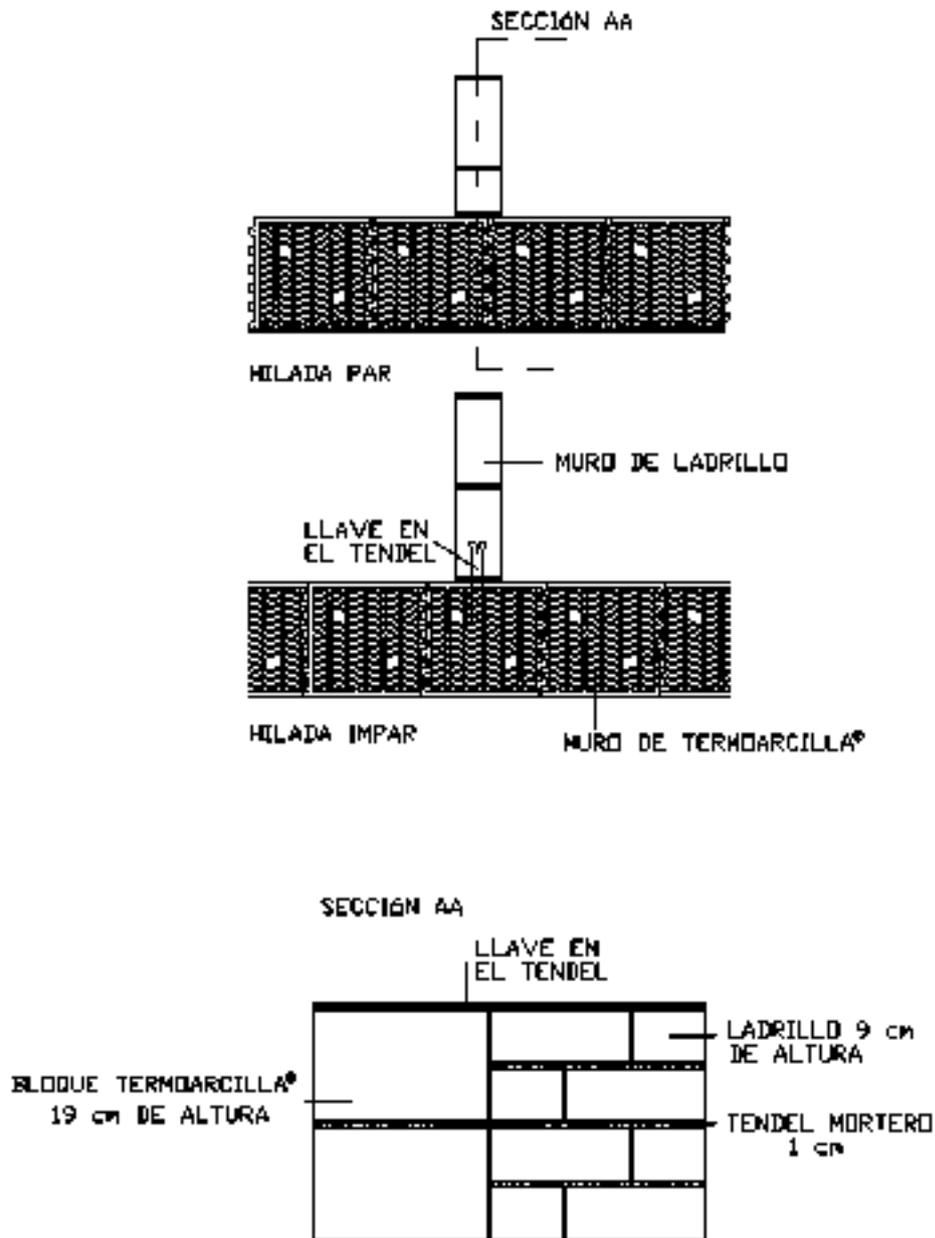


Figura 6: Enlace de muro de ladrillo con muro de Termoarcilla®.

En estos casos, la unión entre los muros podrá realizarse de la siguiente forma:

- Mediante llaves o armaduras situadas en cada tendel del muro de bloque Termoarcilla®¹⁸.

En ambas soluciones, la modulación vertical del muro de otro material se ajustará a la modulación vertical del muro de bloque Termoarcilla®, de forma que los tendeles del primero coincidan con cada uno de los tendeles del segundo.

Tal y como indica el Eurocódigo 6, Parte 1-1, es recomendable que los muros que se enlazan se levanten simultáneamente.

- En el caso de muros de cerramiento exterior en los que se precise el enlace con muros interiores no portantes de otros materiales, se seguirán los criterios arriba indicados para muros portantes, para conseguir el arriostramiento necesario frente a las acciones de viento.

3.1.1.4 Armado de los tendeles

- Se armarán los tendeles en zonas propensas a la fisuración, tales como los cambios de sección del muro o cerramiento, y en particular en los encuentros con pilares en cerramientos.
- Cuando los encuentros de muros no se resuelvan trabando bloques, se armarán los tendeles para mejorar la traba en dicho punto.
- También se armarán las zonas con concentraciones de carga o zonas en las que puedan aparecer localmente tracciones alrededor de los huecos.
- El número de tendeles armados, así como la cuantía de armadura por tendel, estará en función de la sollicitación del elemento (cálculo según el manual del fabricante de armaduras, o normativa aplicable).
- El armado se realizará en ambas bandas de mortero cuando la sección del muro o cerramiento no esté reducida localmente.

Véanse las características del acero en el apartado 2.5.1 y los recubrimientos necesarios en el apartado 5.15.

3.1.1.5 Encuentro con tabiques cerámicos y divisiones no portantes de otros materiales

- En el caso de tabiques de piezas cerámicas tradicionales, se considerarán los mismos criterios utilizados para el encuentro con muros de ladrillo.
- En el caso de tabiques de piezas cerámicas no tradicionales o de divisiones de otros materiales, se seguirán las especificaciones del DIT o DAU correspondiente o, en su defecto, las instrucciones del fabricante.

¹⁸ En el Eurocódigo 6 Parte 1-1 apartado 5.1.4 se indica lo siguiente: cuando un muro sin carga acometa a un muro de carga, se considerará la deformación por fluencia y retracción. Se recomienda que estos muros no se traben, sino que se enlacen con conectores apropiados que permitan deformaciones diferenciales.

3.1.1.6 Criterios para zonas sísmicas

- Se tendrán en cuenta los criterios de la norma NCSE-94¹⁹, o bien de la norma NCSE-02.
- Si la aceleración sísmica de cálculo a_c tiene valores $0,06 \leq a_c / g \leq 0,12$, según la NCSE-94, será prescriptiva la aplicación del capítulo IV “Reglas de diseño y prescripciones constructivas en zonas sísmicas”.
- En cualquier zona en que sea de aplicación la NCSE-94, es importante garantizar la continuidad de los zunchos, en particular en las uniones de las armaduras en las esquinas.

3.1.1.7 Revestimientos exteriores

- En aquellos puntos de la fachada en los que una concentración local de tensiones pueda fisurar el revestimiento, se realizarán juntas de movimiento o bien se colocarán mallas de refuerzo en el propio revestimiento.
- Se colocarán mallas de refuerzo en cambios de sección del muro o cerramiento, bordes de juntas de movimiento horizontales, encuentros con pilares en cerramientos y otros puntos indicados en el apartado 5.14. Véanse las características de la malla en el apartado 2.5.3.
- Los criterios de aplicación y las restricciones serán los indicados por el fabricante del revestimiento utilizado.

3.1.1.7.1 Revestimientos con morteros monocapa

A. Morteros monocapa de cemento:

- En particular, se recomienda tener en cuenta las siguientes restricciones:
 - En zonas con condiciones pluviométricas severas, es aconsejable que las fachadas dispongan de elementos de protección como aleros, impostas intermedias u otros elementos que eviten que el agua discurra sobre el revestimiento.
 - En el caso de fachadas en zonas pluviométricas menos severas, pero en situaciones desfavorables (por ejemplo, en testeros orientados a cara norte), también es aconsejable que existan elementos de protección.
- También se recomienda especialmente la utilización de un zócalo en contacto con el terreno o con el pavimento exterior.

B. Morteros monocapa de cal y cemento:

- Las recomendaciones indicadas en 3.1.1.7.1 también son válidas para este monocapa.

3.1.1.7.2 Revestimientos con pintura sobre enfoscado

- Los criterios de aplicación y las restricciones serán los indicados por el fabricante de la pintura, en cada caso.

¹⁹ Como máximo, hasta el final del plazo de adaptación normativa de la norma NCSE-02.

3.1.2 Criterios específicos de muros portantes

3.1.2.1 Criterios estructurales

Los muros deberán trabajar básicamente a compresión, evitando empujes horizontales excesivos, flexiones fuera del plano del muro, fuertes excentricidades de carga o tracciones locales.

En general, la capacidad mecánica de un muro de carga, que depende entre otros parámetros de su esbeltez, mejora si está convenientemente unido en sus extremos a los forjados y a otros muros que lo arriostren en toda su altura.

Se evitarán los elementos de muro excesivamente esbeltos, que pueden tener problemas de estabilidad.

La distancia entre ejes de los muros de arriostramiento deberá ser como máximo de 8 m, igual que para el resto de fábricas. Su longitud mínima exenta (sin incluir el espesor de los muros arriostrados) será 0,2 veces la altura libre de piso, debiéndose comprobar su dimensionado mediante cálculo.

3.1.2.2 Forjados

- Los forjados se resolverán de acuerdo con las Instrucciones EFHE y EHE.

- Limitaciones de flecha:

La flecha total a plazo infinito no excederá al menor de los valores siguientes: $L/250$ y $L/500 + 1$ cm.

La flecha activa no excederá al menor de los valores siguientes: $L/500$ y $L/1000 + 0,5$ cm.

- En la unión con el forjado deberán disponerse zunchos de hormigón armado dentro del espesor del propio muro. Se aplicarán soluciones de unión incrementando el canto del zuncho respecto al del forjado. Como alternativa, también podrán utilizarse soluciones de unión sin incrementar el canto del mismo. En ambos casos, podrán aplicarse soluciones de enlace por solapo, por introducción de la armadura saliente o por entrega.

- En el primer caso, se recomienda el siguiente valor para el canto del zuncho:

$$c_z = c + 5 \quad \text{siendo:}$$

c_z	canto del zuncho
c	canto del forjado

El incremento del canto del zuncho tiene como finalidad que no interfieran las armaduras del mismo con las de las viguetas.

- Ancho del zuncho:

- Si el muro es exterior, el ancho del zuncho seguirá los valores siguientes:

$$a_z \geq 2/3 t$$

$$a_z \geq 14 \text{ cm} \quad \text{siendo:}$$

a_z	ancho del zuncho
t	espesor del muro inferior

- Si el muro es interior, el ancho del zuncho será igual al espesor del muro inferior.

3.1.2.3 Cimientos

- Las diferencias de asiento entre cada dos puntos de la cimentación serán lo más reducidas posibles, y como máximo 1/500 de su separación.
- La base de la zapata corrida de un muro será siempre horizontal y estará situada en un solo plano cuando sea posible. En caso contrario, se distribuirá uniformemente en bancadas.
- Si es necesario cimentar con zapatas aisladas o pilotes, se establecerán entre estas vigas de unión dimensionadas para resistir a flexión la carga de los muros, de manera que no tengan deformaciones relativas entre dos puntos superiores a 1/500 ó 1/1000 + 0,5 cm de su separación.

3.1.2.4 Huecos, entrepaños, pilares y pilastras

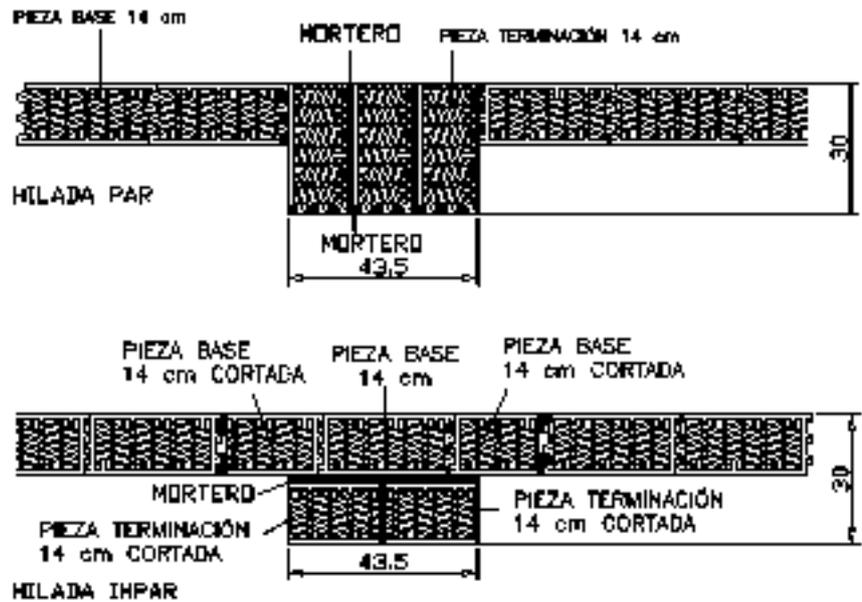
- La longitud mínima de los machones será de 45 cm²⁰, asimilable a 1 pieza y media.
- En estructuras de muros portantes con aceleración sísmica de cálculo a_c con valores: $0,06 \leq a_c/g \leq 0,12$, será prescriptivo lo indicado en el capítulo IV de la NCSE-94:
 - la distancia entre huecos no será inferior a 60 cm
 - la distancia entre un hueco y una esquina ha de ser superior a 80 cm
- En caso de ser necesario sustituir, en el proyecto, un muro de carga por una jácena apoyada sobre pilares y pilastras, los pilares serán como mínimo de 45x45 cm²¹. Se recomienda que las pilastras sean de un ancho mínimo de 45 cm²². La solución con pilares no deberá ser utilizada en edificios situados en zonas sísmicas con aceleración de cálculo igual o superior a 0,06 g, con el fin de evitar diferencias de rigidez importantes en las dos direcciones de la planta.
- Para el diseño y cálculo del apoyo de cargas concentradas, véase el apartado 4.1 “Criterios para el cálculo estructural de muros”.

²⁰ En zonas sin requisitos sísmicos, podrán utilizarse machones de 30 cm entre huecos, siempre y cuando no tengan ninguna función portante (forjados, dinteles u otros elementos de carga). Cuando existan dos huecos próximos con un machón de 30 cm entre ambos, el dintel se dimensionará para cubrir ambos huecos y el machón se ejecutará como un elemento de cerramiento que no soportará carga del dintel.

²¹ Se recomienda la ejecución de un dado de hormigón en la parte superior de los pilares y pilastras, para un mejor reparto de la carga sobre la sección.

²² Las pilastras de 30x30 sólo son aplicables en casos con un único forjado, con luces reducidas.

PILAstra DE 45 DE ANCHO



PILAR DE 45 X 45

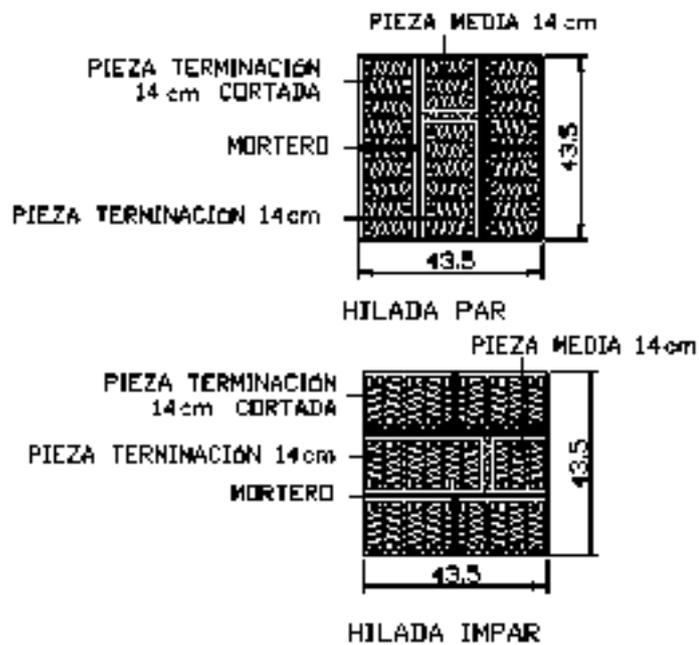


Figura 7: Pilastra de 45 cm de ancho y pilar de 45x45 cm.

3.1.3 Criterios específicos de cerramientos exteriores

3.1.3.1 Forjados

- Los forjados deberán cumplir las Instrucciones EFHE y EHE.
- Limitaciones de flecha:
La flecha activa no excederá al menor de los valores siguientes: $L/500$ y $L/1000 + 0,5$ cm.
- Para evitar patologías en el cerramiento, los forjados deberán ser rígidos, especialmente en el perímetro donde se apoya el cerramiento.

En el perímetro donde se apoya el cerramiento, la condición de flecha indicada se aplicará para una separación de pilares inferior a 5,50 m. Para separaciones iguales o superiores se preverá un nervio de rigidización en el borde con un canto superior al del forjado.

El criterio arriba indicado no será de aplicación si se integra el cerramiento en la estructura, ya que este pasará a ser un muro portante²³.

3.1.3.2 Juntas estructurales

El cerramiento respetará las juntas de dilatación de la estructura, haciendo coincidir con las mismas sus juntas de movimiento, cuando esto sea posible.

3.1.3.3 Cimientos

Se considerarán los criterios indicados para muros portantes.

3.1.3.4 Huecos y entrepaños

La longitud mínima de los machones será de 30 cm, coincidiendo con la longitud del bloque.

Cuando la longitud sea de 30 cm, no será necesario trabar los bloques y se resolverán los machones con piezas base en todas las hiladas. Las testas de estos bloques se regularizarán con mortero, antes de aplicar el revestimiento exterior.

En zonas con requisitos sísmicos, donde las acciones horizontales pueden afectar a la integridad del machón, se utilizarán machones con una longitud mínima superior.

²³ Esta alternativa puede ser especialmente indicada cuando se prevean deformaciones importantes. En caso de utilizarse, se deberá diseñar y calcular el cerramiento de acuerdo con la solución adoptada.

3.2. Soluciones y detalles constructivos

3.2.1 Esquinas

(Muros portantes y cerramientos)

- Se podrán resolver con:
 - a. Piezas complementarias de esquina
 - b. Piezas complementarias de terminación y medias

- En el caso a:

La resolución de las diferentes esquinas de una planta no se considerará de forma independiente sino en conjunto, teniendo en cuenta que en las configuraciones de los muros en U o en Z la primera esquina condiciona a las demás (véase gráfico en el apartado 5.6.2).

- En el caso b:

1. Deberán cumplirse las condiciones de traba (véase la distancia mínima entre juntas verticales de dos hiladas consecutivas en el apartado 5.1)
2. En las juntas verticales se colocarán dos cordones de mortero entre los machihembrados y el plano de la pieza al que atestan.

- Cuando no sea posible disponer de las piezas complementarias indicadas, podrán utilizarse piezas cortadas y piezas base que se regularizarán con mortero. En estos casos, se colocará una malla en el revestimiento de esta zona. El corte de las piezas deberá hacerse con los medios adecuados (véase el apartado 5.10 “Corte de los bloques”). Esta solución no deberá aplicarse cuando pueda reducir las prestaciones mecánicas de la fábrica, afectando a su buen comportamiento mecánico.²⁴

²⁴ Así, en aquellos casos en los que el valor de la tensión de cálculo del muro se aproxime o sea igual a la tensión admisible de la fábrica, no es recomendable el uso de esta solución.

3.2.2 Encuentro de muros

(Muros portantes y cerramientos)

- En los encuentros en T, las hiladas que penetran en el muro perpendicular utilizarán piezas complementarias de terminación y piezas medias, siempre que se cumplan las condiciones de traba (véase la distancia mínima entre juntas verticales de dos hiladas consecutivas en el apartado 5.1).
- Cuando no sea posible disponer de las piezas complementarias indicadas, podrán utilizarse piezas cortadas y piezas base que se regularizarán con mortero. En estos casos, se colocará una malla en el revestimiento de esta zona. El corte de las piezas deberá hacerse con los medios adecuados (véase el apartado 5.10 “Corte de los bloques”). Esta solución no deberá aplicarse cuando pueda reducir las prestaciones mecánicas de la fábrica, afectando a su buen comportamiento mecánico.²⁵
- En las juntas verticales sin encaje de machihembrados, se colocarán cordones de mortero (encuentros en T y cruces).
- Dado que el encuentro entre muros perpendiculares se hace trabando las piezas, no es necesario incluir armaduras de tendel. El empleo de las mismas se haría sólo en el caso de no trabar las piezas.
- En el caso de cerramientos exteriores, en aquellos puntos en los que pueda coartarse de forma significativa el movimiento horizontal del cerramiento (por ejemplo, en la proximidad de las juntas de movimiento) los encuentros de muros deberán preverse con uniones flexibles mediante llaves adecuadas (por ejemplo, redondos en forma de Z).
- En zonas sísmicas con $0,6g \leq a_c \leq 0,12g$ deberá utilizarse la solución rígida, salvo que se diseñen soluciones que puedan responder a las acciones sísmicas (ductilidad). En zonas sísmicas con $a_c < 0,6g$ podrá utilizarse cualquiera de las soluciones.

²⁵ Así, en aquellos casos en los que el valor de la tensión de cálculo del muro se aproxime o sea igual a la tensión admisible de la fábrica, no es recomendable el uso de esta solución.

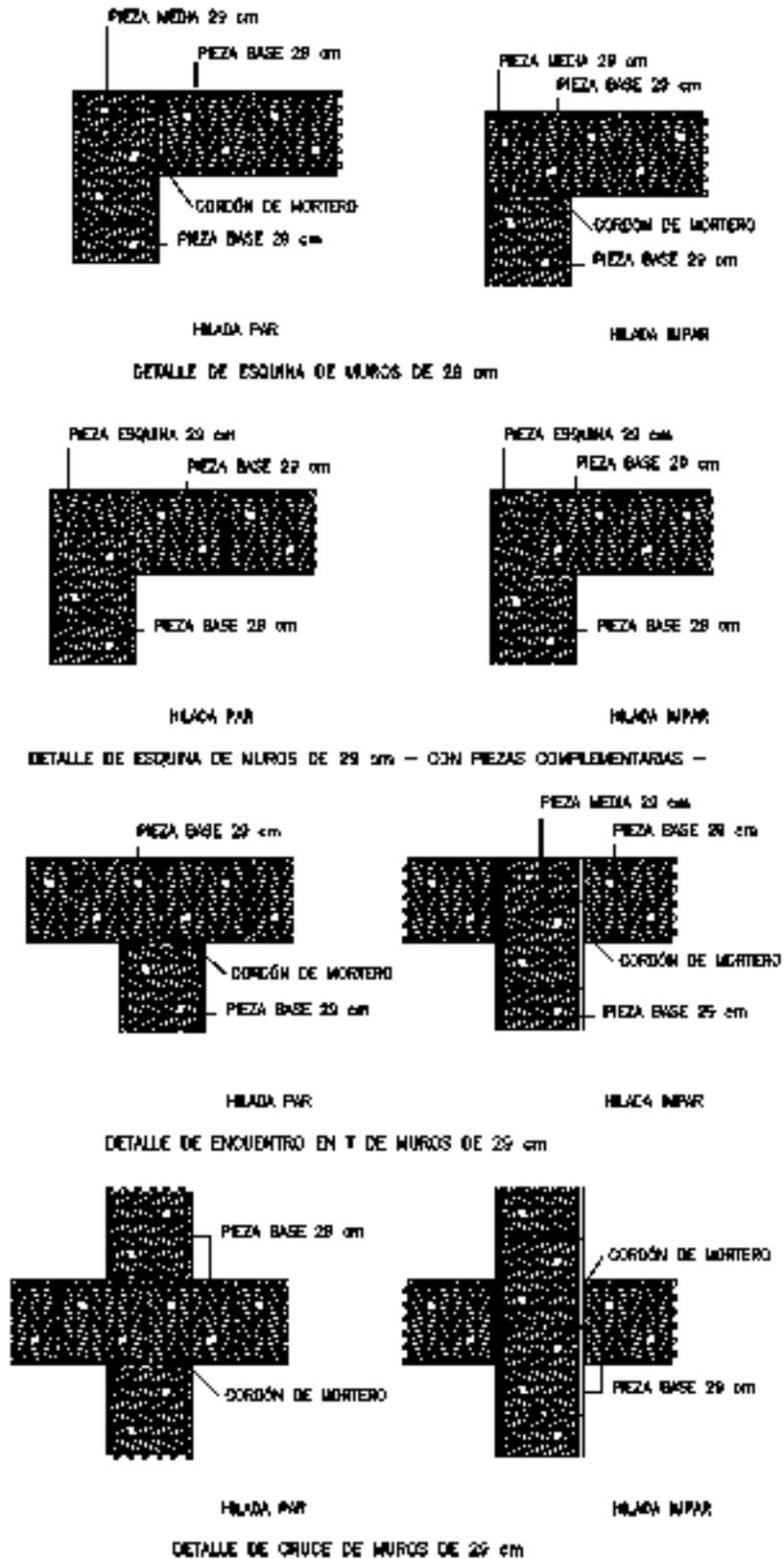


Figura 8: Detalles de encuentro con piezas de 29 cm.

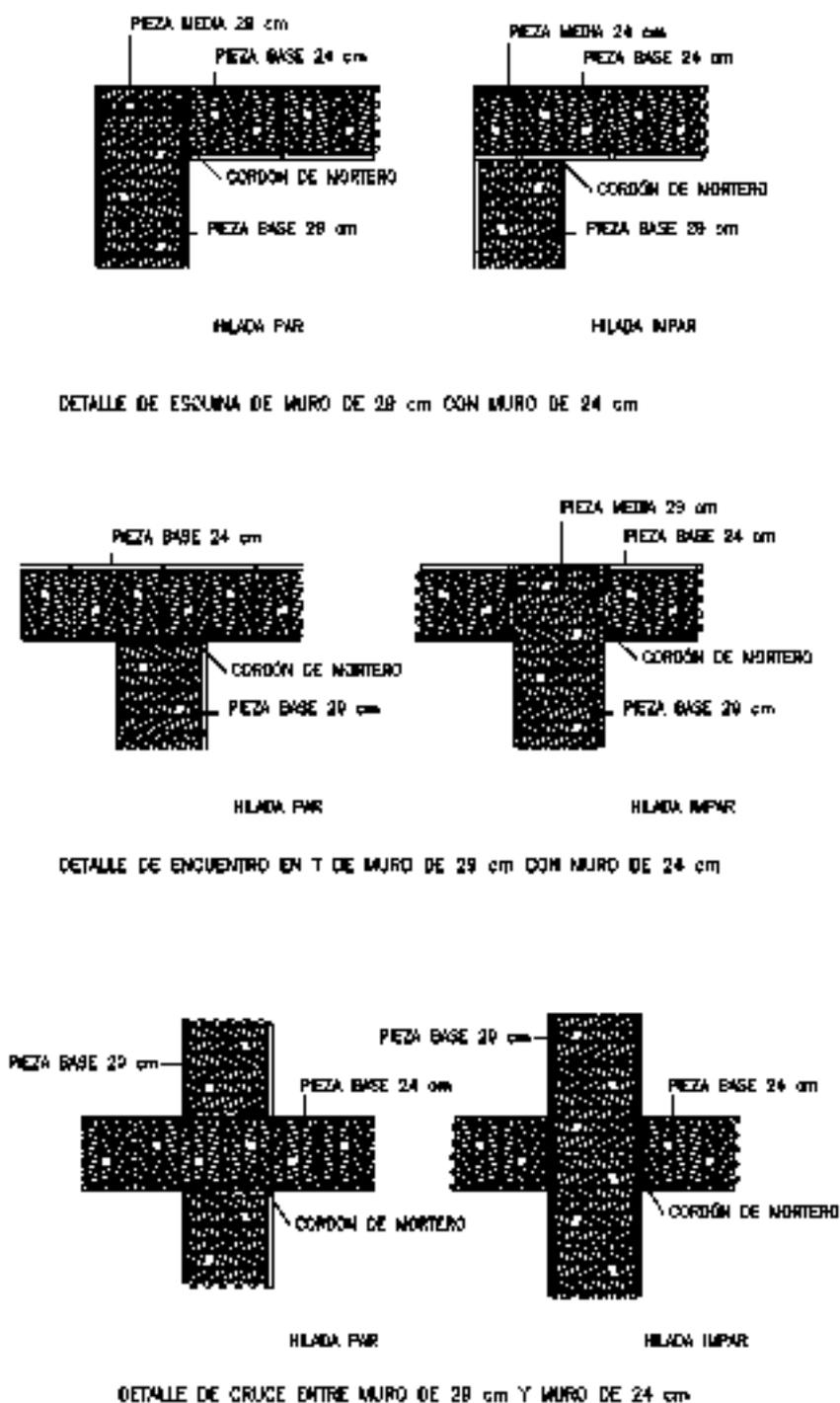


Figura 9: Detalles de encuentro de piezas de 29 cm con piezas de 24 cm.

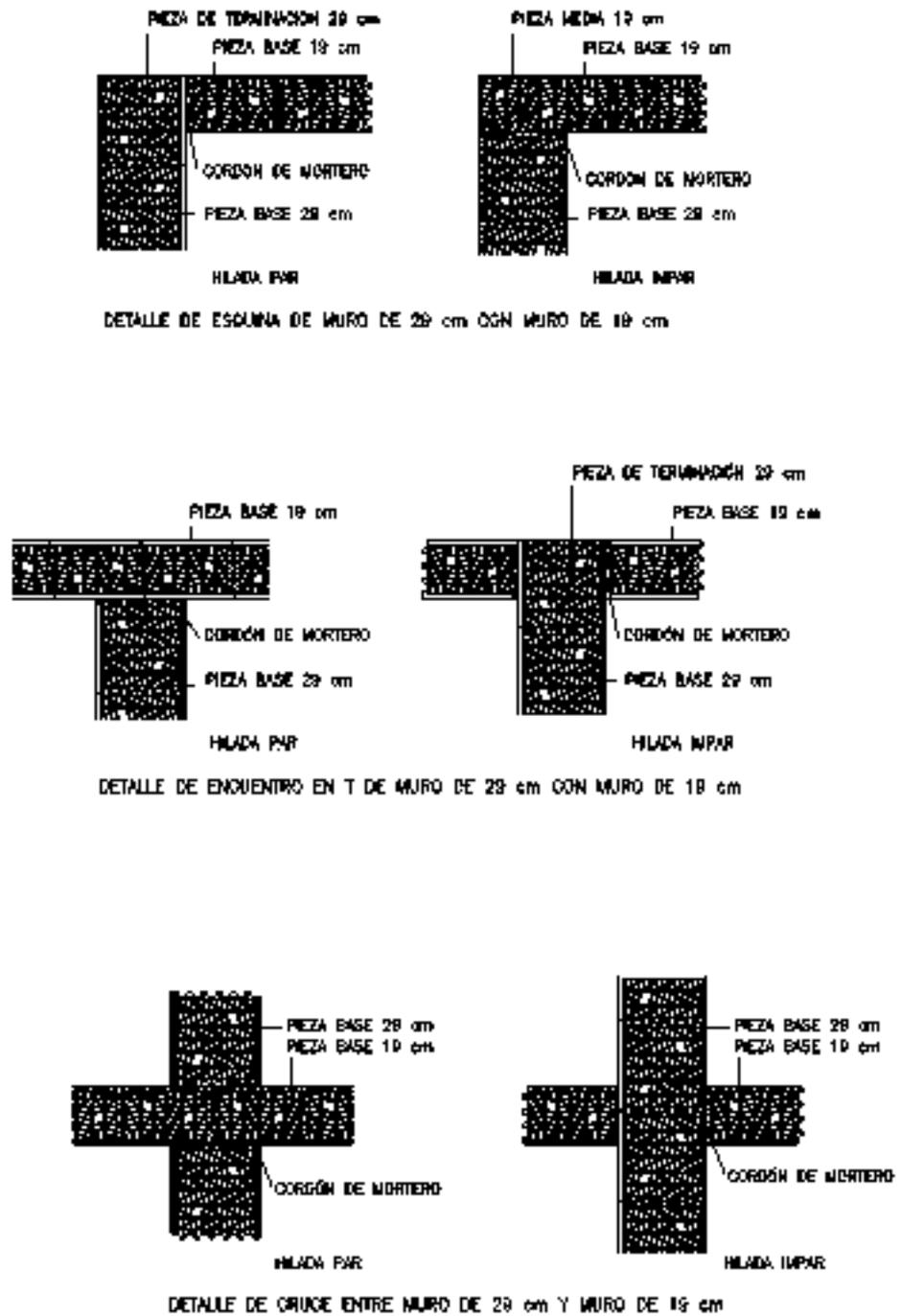


Figura 10: Detalles de encuentro de piezas de 29 cm con piezas de 19 cm.



Figura 11: Detalles de encuentro de piezas de 29 cm con piezas de 14 cm.

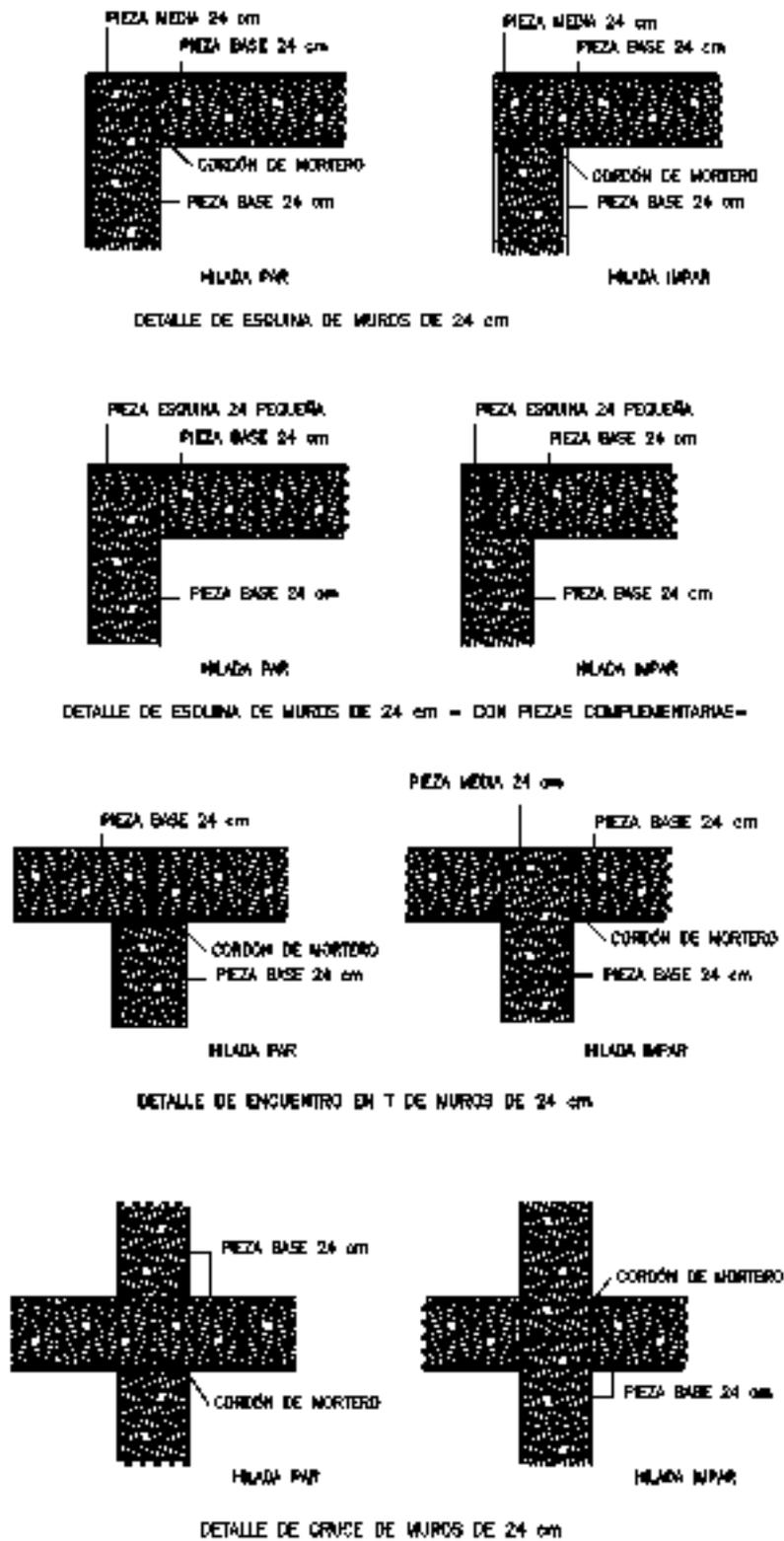
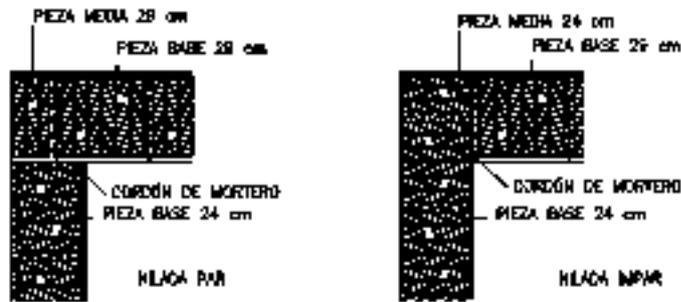
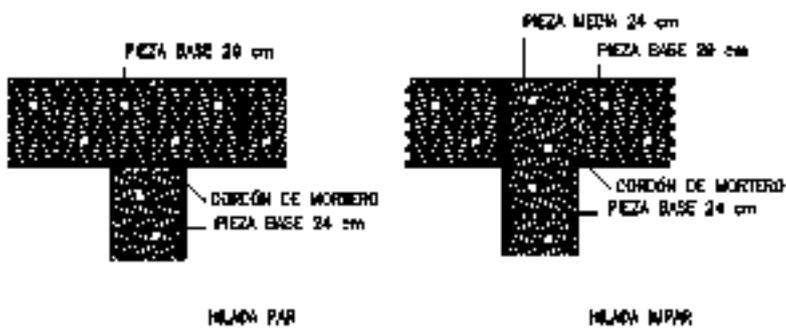


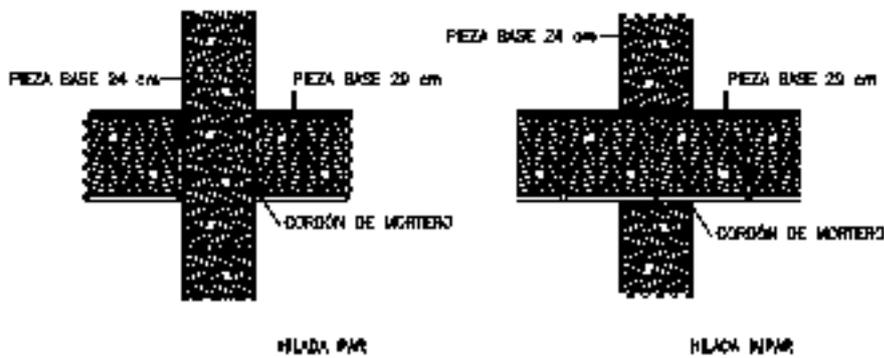
Figura 12: Detalles de encuentro con piezas de 24 cm.



DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 24 cm CON MURO DE 29 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 24 cm CON MURO DE 29 cm



DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 24 cm Y MURO DE 29 cm

Figura 13: Detalles de encuentro de piezas de 24 cm con piezas de 29 cm..

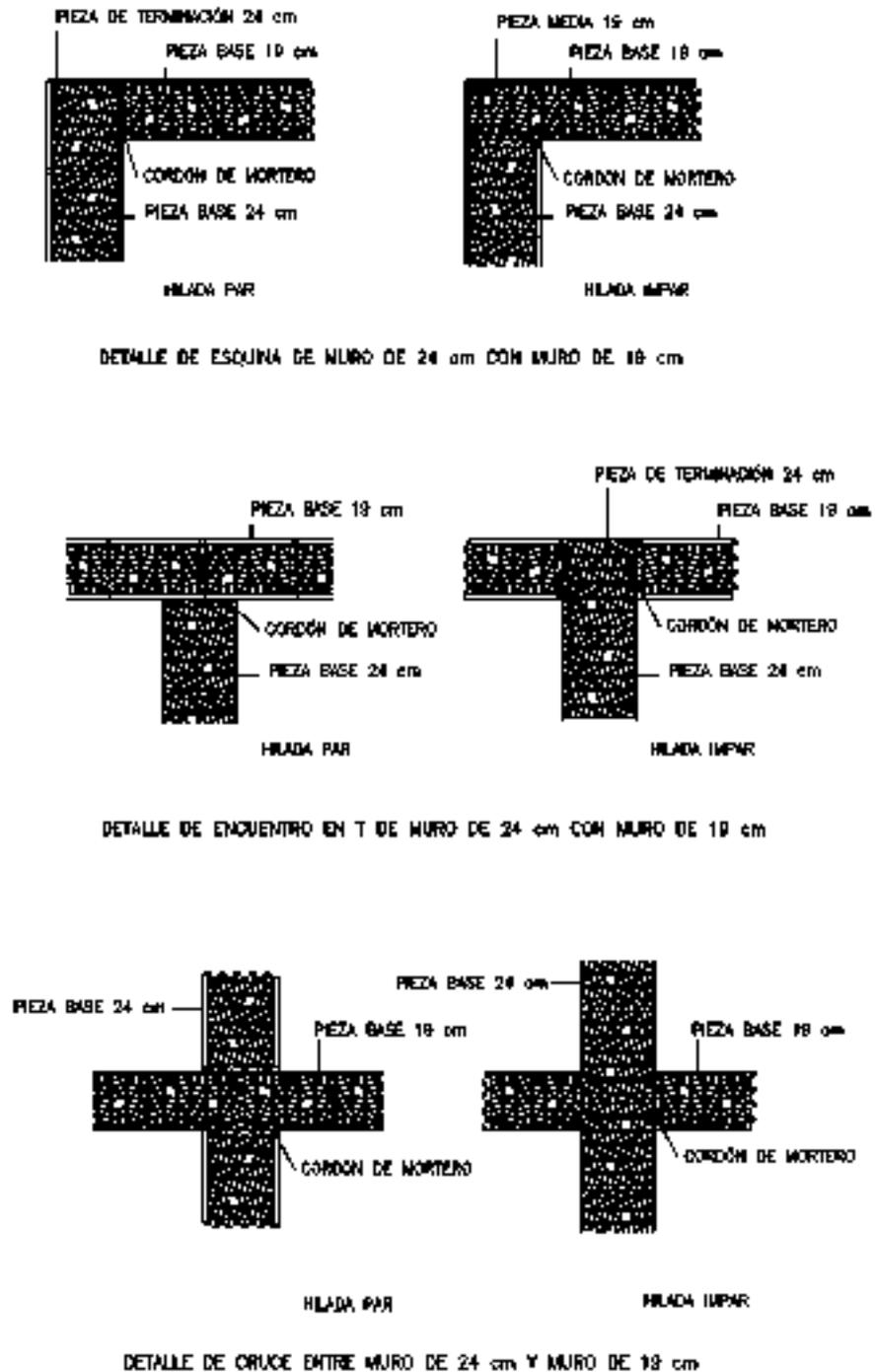


Figura 14: Detalles de encuentro de piezas de 24 cm con piezas de 19 cm.

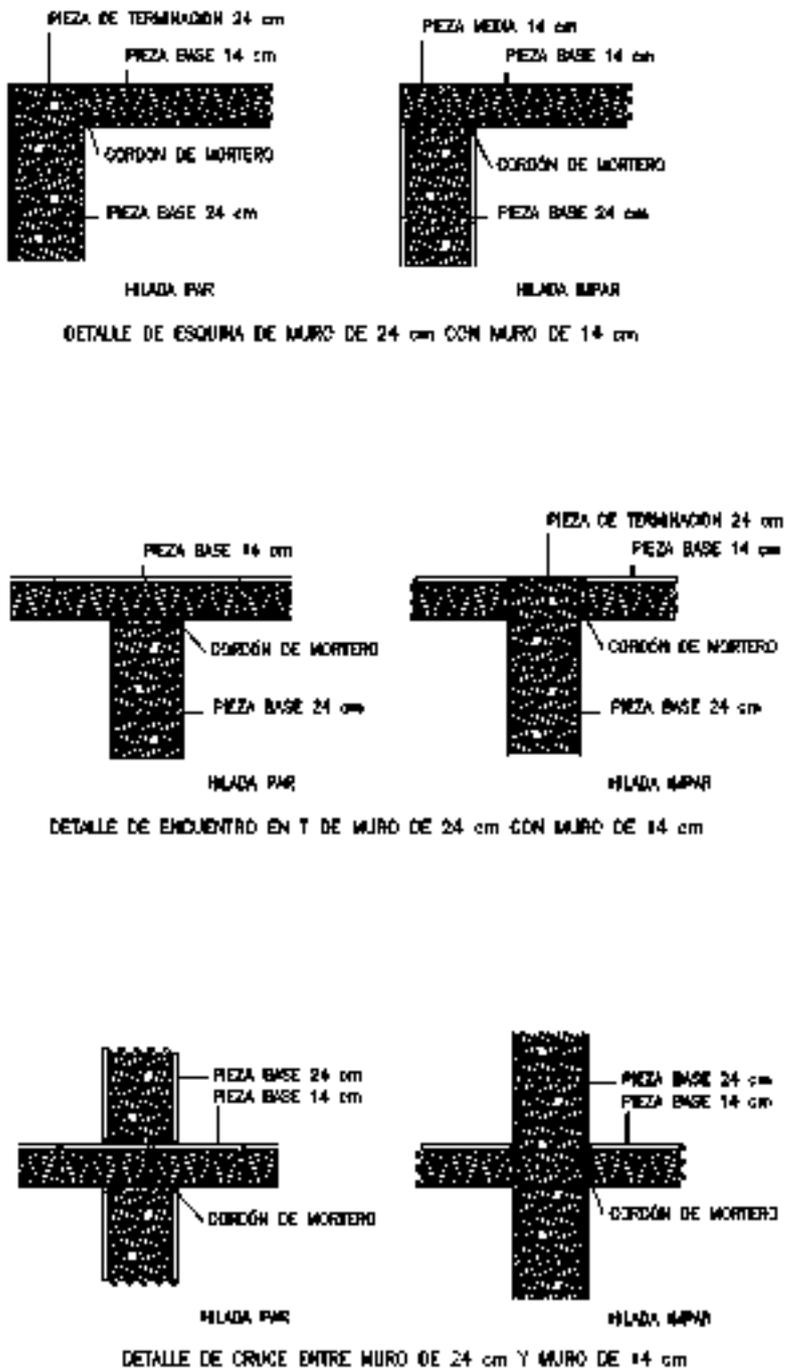
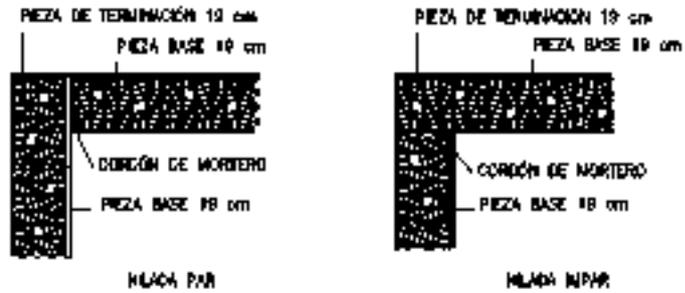
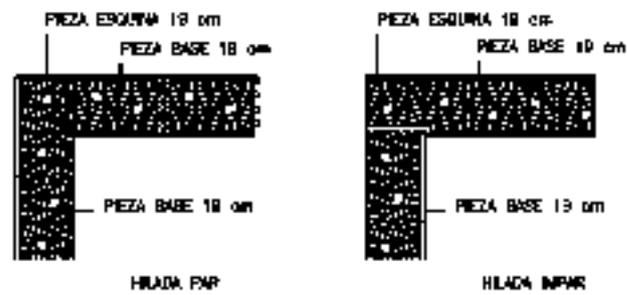


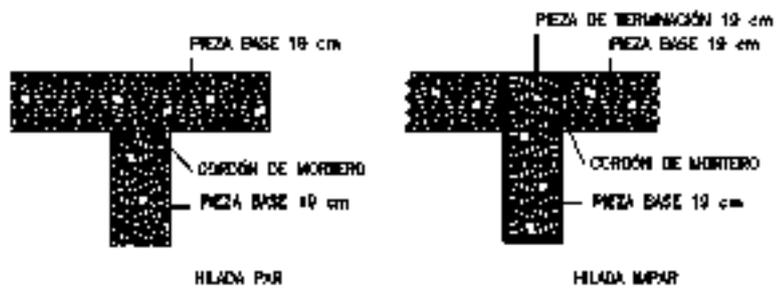
Figura 15: Detalles de encuentro de piezas de 24 cm con piezas de 14 cm.



DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 18 cm



DETALLE DE ESQUINA DE MUROS DE 15 cm CON PIEZA DE ESQUINA



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MUROS DE 19 cm



DETALLE DE CRUCE DE MUROS DE 18 cm

Figura 16: Detalles de encuentro con piezas de 19 cm.

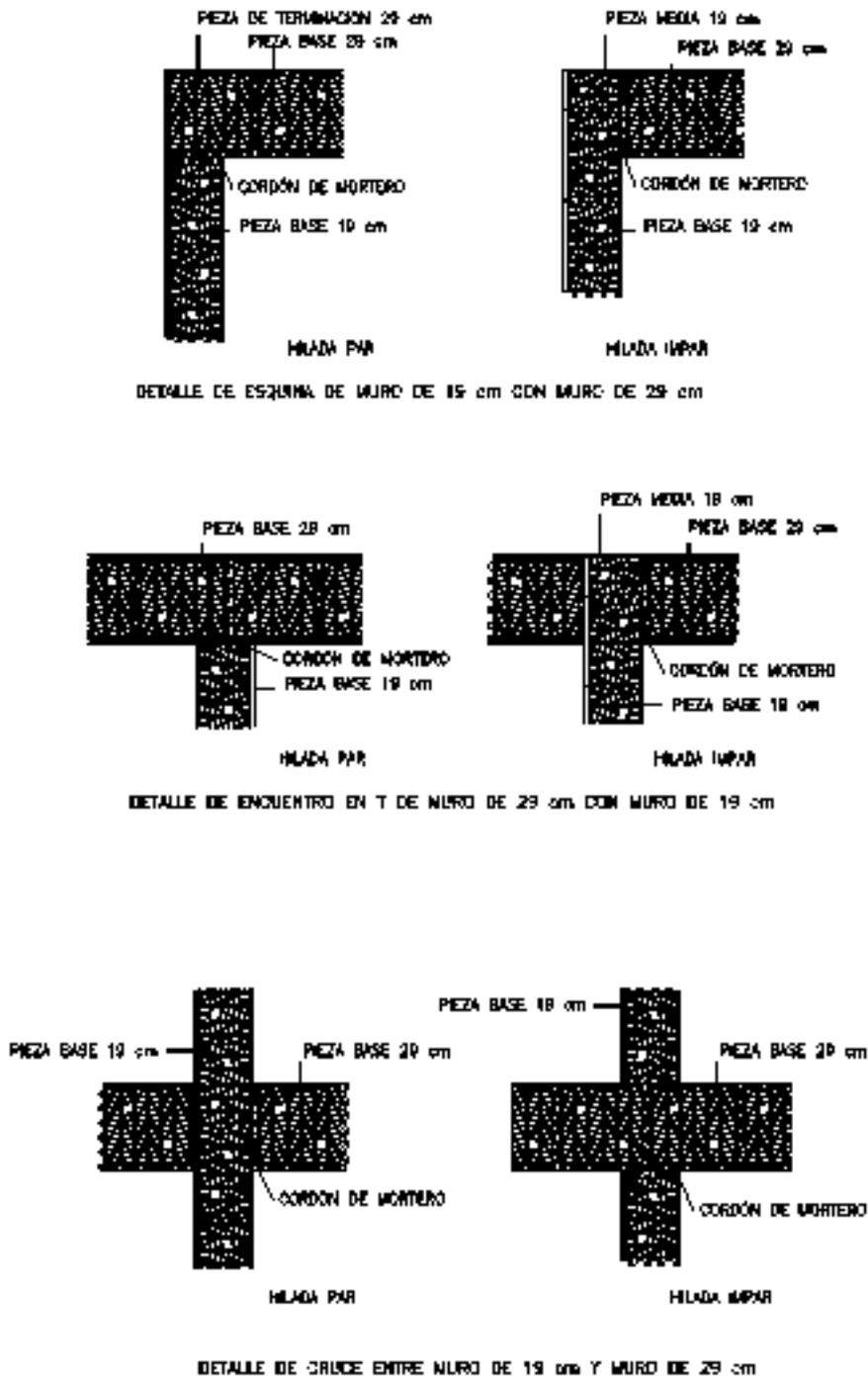


Figura 17: Detalles de encuentro de piezas de 19 cm con piezas de 29 cm.

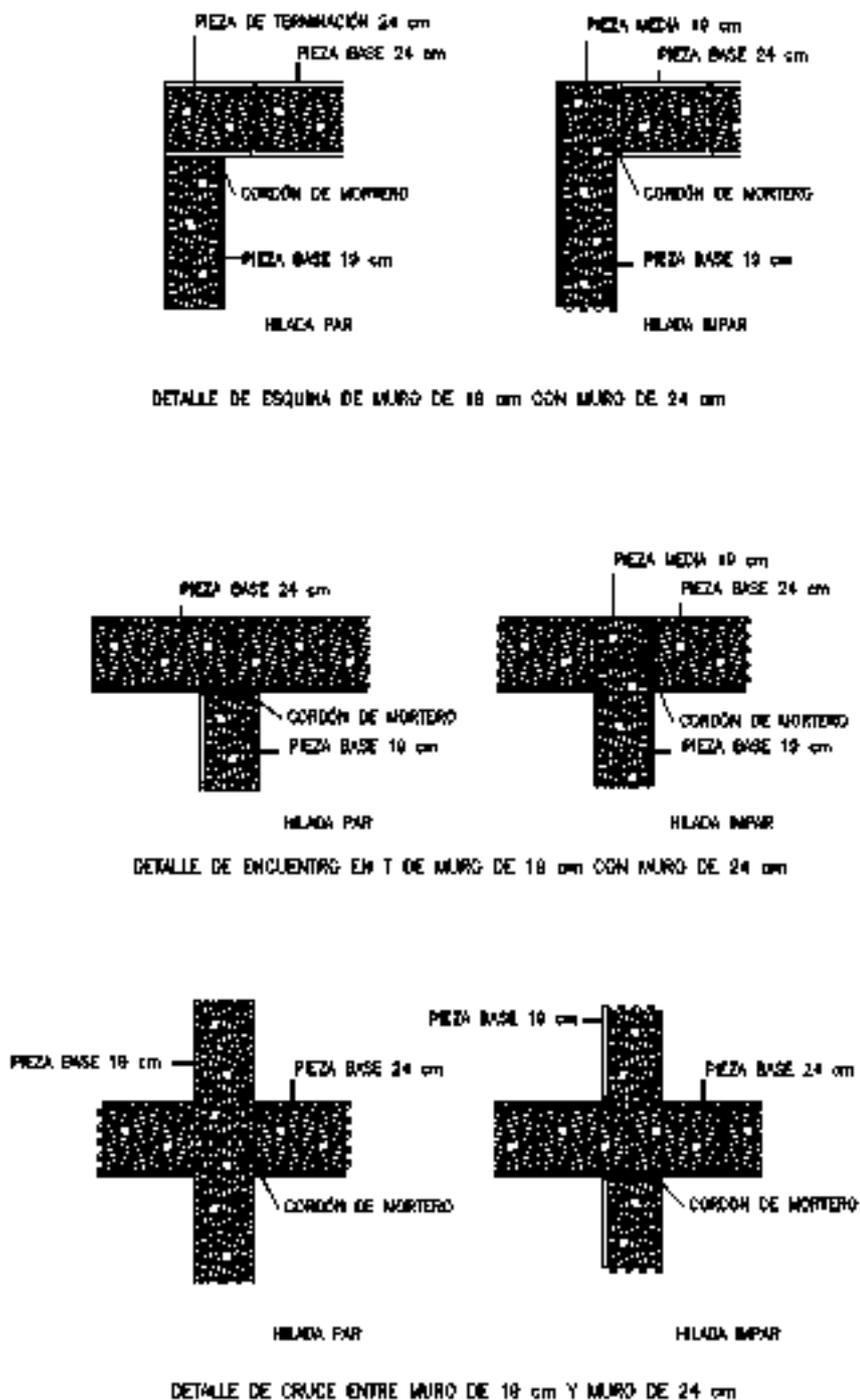
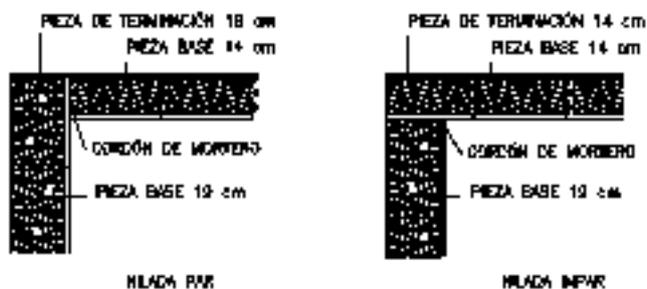


Figura 18: Detalles de encuentro de piezas de 19 cm con piezas de 24 cm.



DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 13 cm CON MURO DE 14 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 13 cm CON MURO DE 14 cm



DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 13 cm Y MURO DE 14 cm

Figura 19: Detalles de encuentro de piezas de 19 cm con piezas de 14 cm.

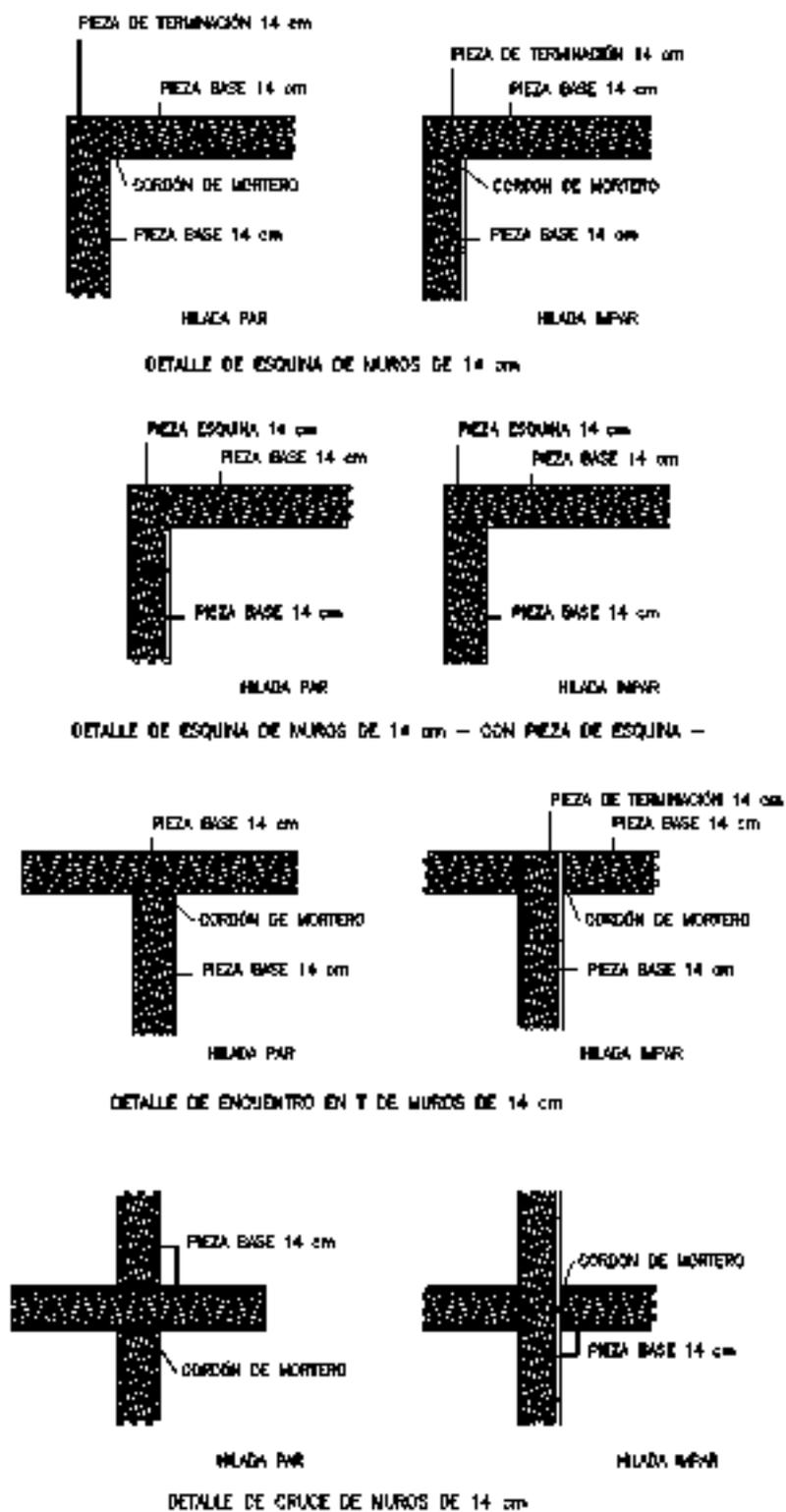


Figura 20: Detalles de encuentro con piezas de 14 cm.

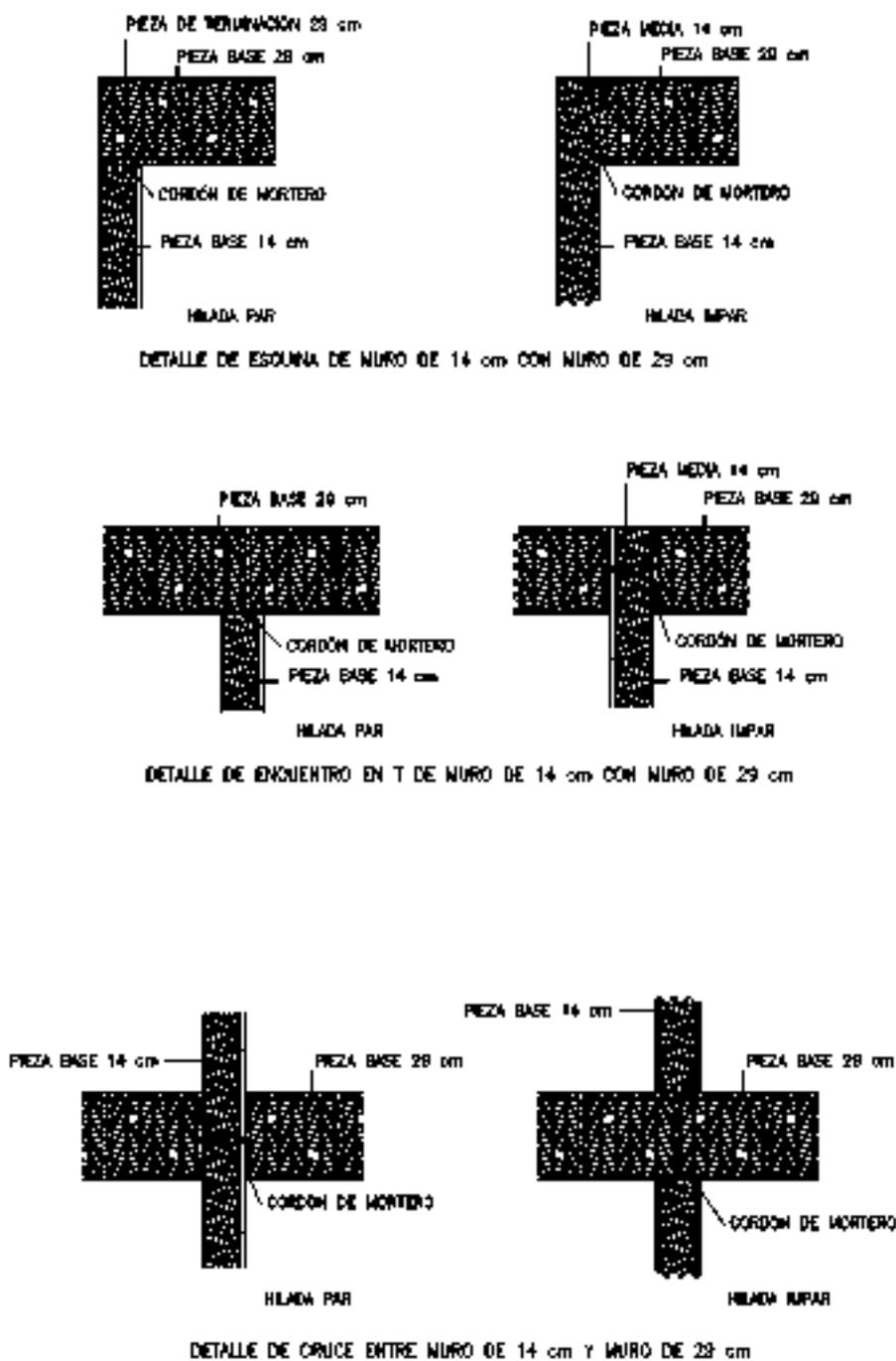


Figura 21: Detalles de encuentro de piezas de 14 cm con piezas de 29 cm

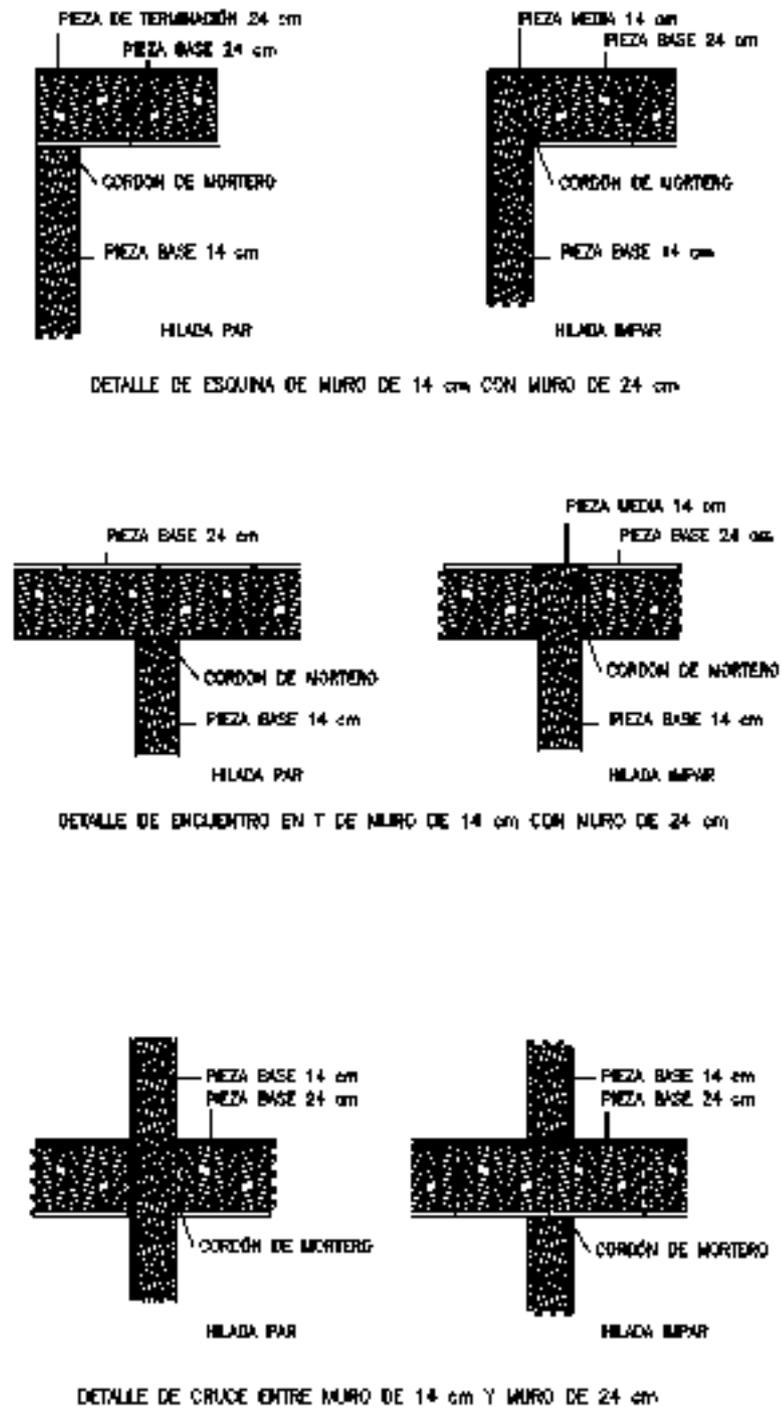
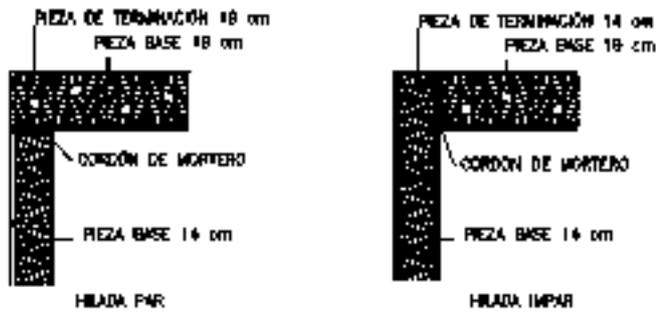
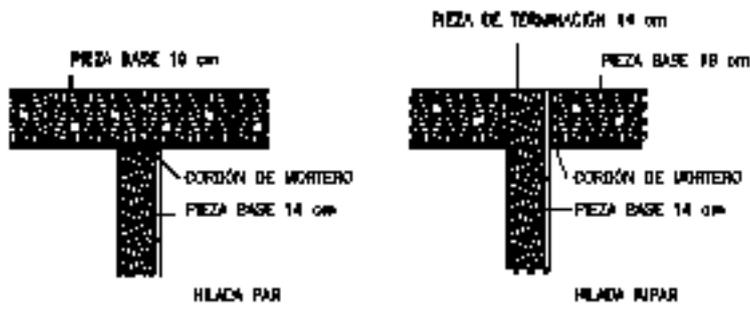


Figura 22: Detalles de encuentro de piezas de 14 cm con piezas de 24 cm.



DETALLE DE ESQUINA DE MURO DE 14 cm CON MURO DE 12 cm



DETALLE DE ENCUENTRO EN T DE MURO DE 14 cm CON MURO DE 19 cm



DETALLE DE CRUCE ENTRE MURO DE 14 cm Y MURO DE 19 cm

Figura 23: Detalles de encuentro de piezas de 14 cm con piezas de 19 cm.

3.2.3 Juntas de movimiento

3.2.3.1 Juntas de movimiento verticales

(Muros portantes y cerramientos).

- La separación entre juntas de movimiento verticales será la misma que para otras fábricas de piezas cerámicas (véase el apartado 3.1.1.2).
- Las juntas de movimiento verticales tendrán un ancho de entre 10 y 20 mm. El espesor de la junta debe ser constante.
- Para resolver los bordes de la junta, se utilizarán piezas de terminación y piezas medias²⁶. Las piezas medias colocadas deberán tener una superficie uniforme, y deberán eliminarse los resaltos producidos en el precorte.
- Para impedir que el muro pierda estabilidad en la junta, se colocarán llaves que traben ambos paramentos, de forma que sólo se permita el movimiento horizontal del muro en su mismo plano.
- Dichas llaves son las del tipo indicado en el apartado 2.5.2.1. Se recomienda, como mínimo, el empleo de una llave cada dos hiladas de bloque Termoarcilla®, para conseguir una adecuada transmisión de esfuerzos perpendiculares al plano de los muros que forman la junta.
- La junta horizontal de mortero será continua en la zona donde se coloquen las llaves. No obstante, en zonas climáticas donde exista riesgo de condensaciones se mantendrá la junta interrumpida y se colocarán las llaves centradas alternativamente en una de las dos bandas de mortero.
- Al igual que los cerramientos de obra de fábrica tradicional, la resolución de la junta deberá cumplir los requisitos de resistencia a fuego de la normativa vigente.
- El soporte del sellado estará constituido por un cordón que se colocará por delante del material que rellenará la junta. El sellado exterior se realizará una vez concluida la ejecución del revestimiento.
- Los bordes del revestimiento exterior en la junta deberán tener la planeidad necesaria para recibir correctamente el sellado.
- Los materiales que constituyen la junta serán los especificados en el apartado 2.5.4.

²⁶ No se utilizarán piezas complementarias obtenidas por corte en obra o en fábrica.

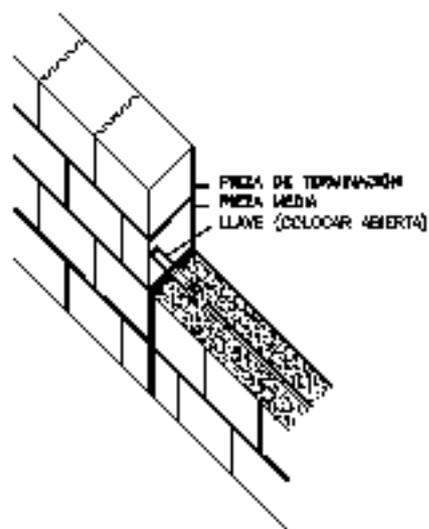
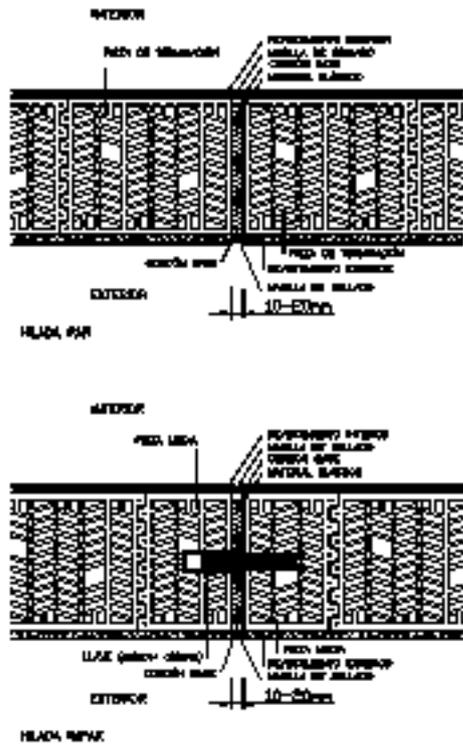


Figura 24: Junta de movimiento.

3.2.3.2 Juntas de movimiento verticales coincidentes con juntas de dilatación estructurales

- Se resolverán con el ancho necesario, según el cálculo.
- Cuando se exijan anchos superiores a los de las juntas de movimiento, es aconsejable el uso de juntas prefabricadas con perfiles.
- En la utilización de piezas complementarias y colocación de llaves, se aplicarán los mismos criterios que en el apartado anterior.
- Al igual que los cerramientos de obra de fábrica tradicional, la resolución de la junta deberá cumplir los requisitos de estabilidad y resistencia a fuego de la normativa vigente.

3.2.3.3 Juntas de movimiento horizontales

- Se preverán juntas de movimiento horizontales, según los criterios siguientes:
 1. En estructuras de muros portantes, cuando las fachadas sean lisas, sin aleros o viseras, y según los posibles giros que puedan producirse en el **extremo del último forjado**, es recomendable prever una junta en el revestimiento exterior de dicho forjado.^{27 28}

En caso de que pudieran producirse empujes horizontales por acciones térmicas en el último forjado o capas por encima de él (por insuficiente aislamiento del forjado o bien por empujes de la formación de pendientes o del pavimento de la azotea, sobre el peto), se recomienda resolver el encuentro de este forjado con la fachada mediante aleros o viseras, o bien mediante diseños con tapajuntas. En estas condiciones, la solución con una junta de movimiento horizontal no es suficiente en fachadas lisas.

2. En cerramientos de estructuras porticadas, cuando las fachadas sean lisas, sin aleros o viseras, y según los posibles giros que puedan producirse en el **extremo del último forjado**, es recomendable prever una junta en el cerramiento (incluyendo el revestimiento exterior) en dicho forjado.^{27 28}

A partir del último forjado, es recomendable su ejecución cada dos plantas, para evitar acumulaciones de flecha. Cuando el apoyo del cerramiento se resuelva con un perfil metálico, esta junta se ejecutará en todas las plantas²⁹ (véase gráfico apartado 3.2.15.2).

- Las juntas de movimiento horizontales se ejecutarán a la altura de la cara inferior de los forjados, salvo en el caso de la variante con perfil (en cerramientos exteriores), en el que la junta en el revestimiento exterior se colocará a la altura de su cara superior.
- Al igual que en las juntas de movimiento verticales, el sellado exterior se ejecutará, previa la colocación de un cordón, con el mismo material de sellado.

²⁷ Debe tenerse en cuenta que las fisuras en las fábricas de una hoja pueden tener consecuencias en la impermeabilidad del muro, ya que no existe ni una cámara de aire ni un trasdosado por detrás de esta hoja.

²⁸ Se puede prescindir de esta junta, resolviendo el detalle del último forjado con piezas o diseños que actúen como tapajuntas, protegiendo la junta del forjado con el muro portante.

²⁹ El uso de una junta de movimiento horizontal, en ambas soluciones de apoyo, deberá ser sometido a consideración en zonas sísmicas, en función de la aceleración sísmica y del papel del cerramiento en cuanto a su colaboración con la estructura frente a las acciones horizontales.

3.2.4 Peto de azotea y albardillas

3.2.4.1 El peto

- Para ejecutar el peto se utilizarán piezas del mismo espesor que el cerramiento o muro inferior, con un espesor mínimo de 24 cm, colocados con junta horizontal continua.
- Se interrumpirá con juntas de movimiento verticales situadas a las distancias indicadas en el apartado 3.1.1.2 (puntos 2 y 3).
- Los tramos de peto de ambos lados de la junta se unirán mediante llaves, como las indicadas para juntas de movimiento, que permitan la libre dilatación en el plano del muro y a la vez aseguren su estabilidad.
- La cara interior del peto se impermeabilizará con un revestimiento de prestaciones similares al de la fachada; dicho revestimiento se entregará, por su extremo inferior, contra la membrana de impermeabilización de la cubierta. Si se trata de una lámina bituminosa adherida en el encuentro de la cubierta con el peto, previamente se revoará la superficie de los bloques para regularizar la superficie donde se fijará.
- Es posible practicar rebajes en muros de 24 ó 29 cm para alojar la membrana impermeable.

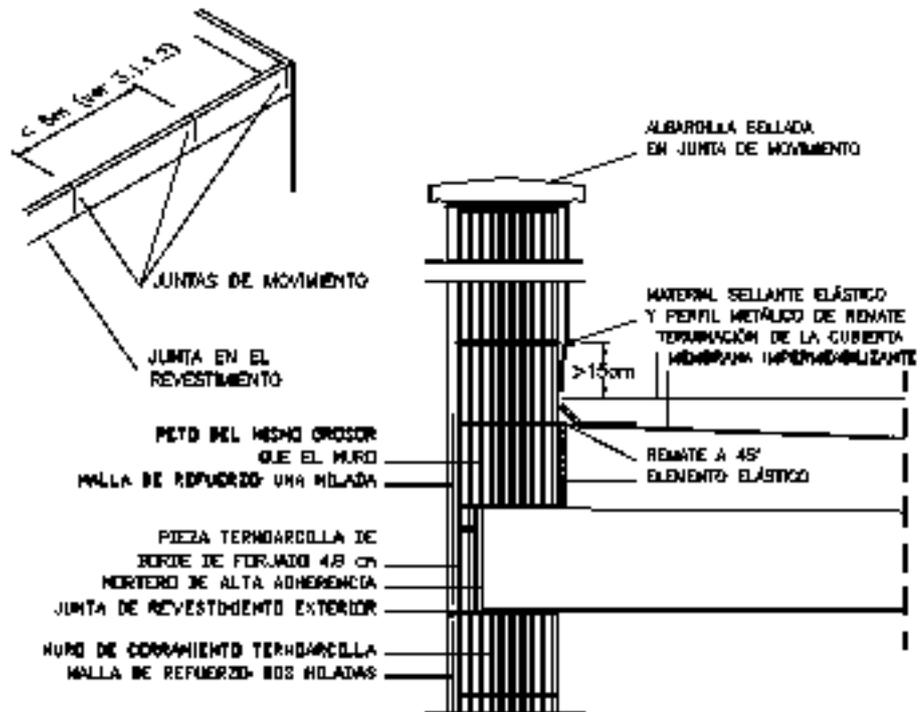
Solución alternativa:

- Como solución alternativa a la anterior, puede ejecutarse el peto de hormigón armado, solidario con el forjado inferior, utilizando las piezas de Termoarcilla® como aplacado o bien como encofrado perdido.
- Se interrumpirá con juntas de movimiento verticales a distancias inferiores a 7,5 m, si alguna de las dos caras del elemento de hormigón queda expuesta; y a distancias inferiores a 15 m, si ambas caras quedan protegidas por piezas de Termoarcilla®.

3.2.4.2 Albardillas

- Se rematará el peto con albardillas que volarán 4 cm aproximadamente, a ambos lados del muro, y deberán ir provistas de goterones, tanto hacia fachada como hacia el interior.
- Las albardillas pueden ser de cualquier material que cumpla las condiciones necesarias para tal fin.
- Se colocarán correctamente alineadas, respetando las juntas de movimiento.
- Para evitar filtraciones, se aplicará una de las siguientes soluciones:
 - a. Se utilizará mortero hidrófugo para colocar las albardillas
 - b. Se colocará entre la fábrica y las albardillas una lámina impermeable adecuada, sobre mortero. La lámina deberá sobresalir hacia ambos lados del muro, con el fin de que no se produzcan filtraciones a través del mortero.
- Los encuentros con las juntas de movimiento o estructurales se resolverán de forma que no se produzcan filtraciones por ellas.

FORJADO Y PETO DE CUBIERTA CON MURO DE CERRAMIENTO



NOTA: ES POSIBLE PRACTICAR RIEZA EN MUROS DE 24 o 29 cm PARA APLICAR MEMBRANA IMPERMEABLE

ALBARDILLAS

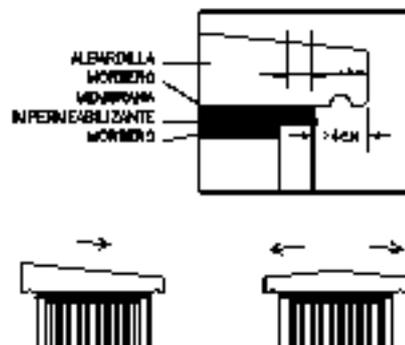


Figura 25: Peto y albardillas.

3.2.5 Arranque de muros

(Muros portantes y cerramientos)

- El arranque de fachada se resuelve con los mismos criterios que la obra tradicional, de la que pueden extrapolarse los detalles.
- Las barreras impermeables deben colocarse en todos los muros, sean estos perimetrales o interiores.

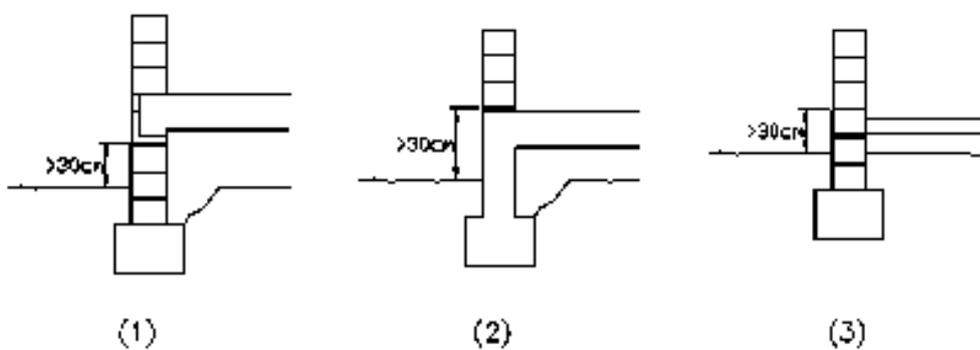


Figura 26: Arranque de fachadas. Esquemas.

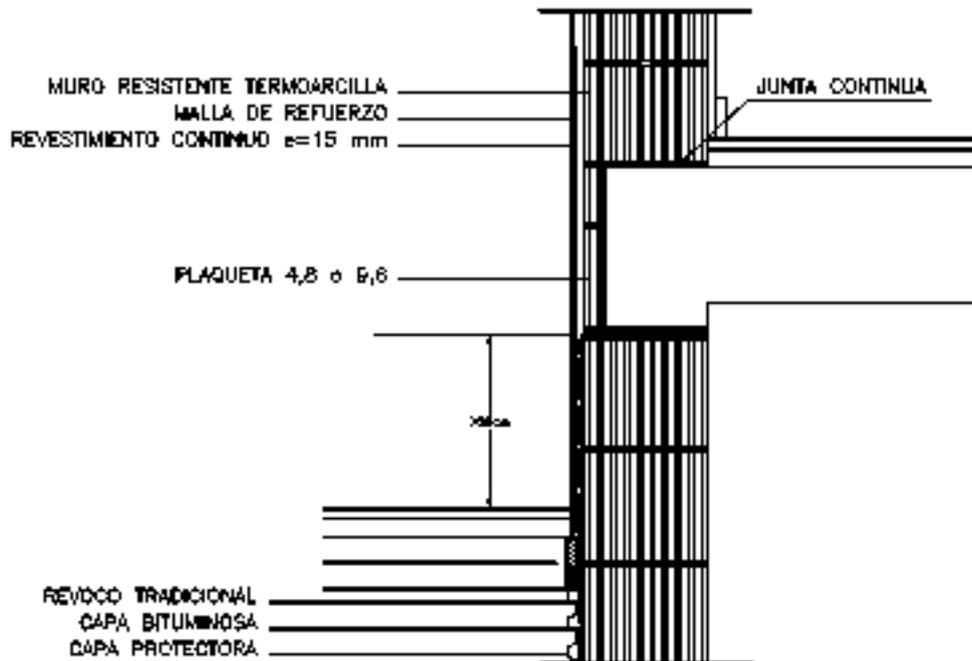
3.2.5.1 Arranque situado por encima de la cota del terreno o del pavimento exterior

- Se situará a una altura mayor o igual a 30 cm.
- Se realizará una barrera impermeable en la primera junta, teniendo en cuenta su incidencia en caso de existir esfuerzos horizontales.
- Al llegar al punto de arranque de la fachada, el revestimiento se rematará con un perfil.

3.2.5.2 Arranque situado por debajo de la cota del suelo o del pavimento exterior

- Se realizará una barrera impermeable a una altura mayor o igual a 30 cm por encima del suelo.
- Por debajo de la barrera impermeable se garantizará la impermeabilidad de la cara del cerramiento:
 - mediante la colocación de drenajes perimetrales en las partes enterradas; y
 - mediante revestimientos adecuados en las partes no enterradas, hasta la altura de la barrera impermeable.

ARRANQUE POR DEBAJO DEL PAVIMENTO EXTERIOR (1)



ARRANQUE POR ENCIMA DEL PAVIMENTO EXTERIOR (2)

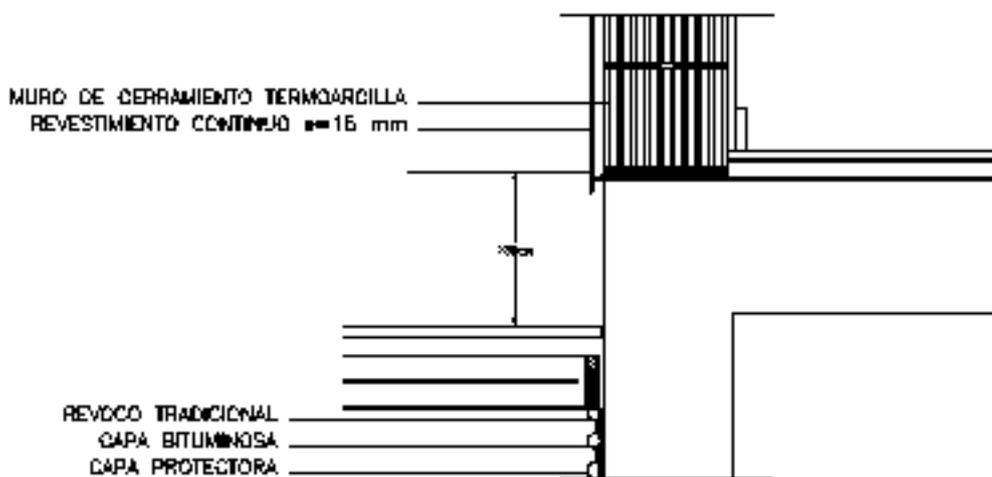


Figura 27: Arranques por debajo y por encima del pavimento exterior.

3.2.6 Dinteles

3.2.6.1 Dinteles

(Muros portantes y cerramientos)

- Se resolverán con piezas en U de cerámica aligerada Termoarcilla®, en las que se colocarán la armadura y el hormigón, en obra³⁰.
- Las solicitaciones a las que pueden estar sometidos variarán dependiendo de si los muros que soportan son portantes o de cerramiento. Su dimensionado debe hacerse de acuerdo con la normativa vigente para el cálculo de muros de fábrica. Las tensiones locales en los apoyos del dintel deben ser inferiores o iguales a la tensión admisible de la fábrica.
- Apoyo de los dinteles:
 - En los apoyos no deben utilizarse longitudes de apoyo excesivas, para evitar momentos de empotramiento relevantes que comporten concentraciones de carga importantes en la jamba. En este sentido, podrán emplearse soluciones tales como la ejecución de un dado de hormigón en los apoyos del dintel.
 - El dintel deberá apoyarse 1/5 de la luz por cada lado, y como mínimo 30 cm en muros portantes. En cerramientos no portantes, como mínimo se apoyará 15 cm.
 - Muros portantes:
 - No es necesaria la comprobación de cálculo para luces de hueco:

	Muros de 24 y 29 cm	Muros de 14 y 19 cm
Piezas $f_b \geq 15$ MPa	1,20 m	0,90 m
Piezas $10 \text{ MPa} \leq f_b < 15$ MPa	0,90 m	0,60 m

Tabla 3: Luces máximas del apoyo de dinteles en muros portantes del sistema Termoarcilla® sin necesidad de comprobaciones de cálculo.

- Para el resto de luces, el apoyo del cargadero sobre el muro deberá justificarse mediante cálculo, teniendo en cuenta el momento de empotramiento³¹.
- La flecha admisible en relación con la luz L del hueco debe respetar:
 - la deformación máxima admisible de la fábrica situada sobre el hueco (en el caso de fachadas, considerar L/1000);
 - lo exigido por el fabricante de la carpintería.

En relación con el criterio de reparto de carga, no hay diferencia respecto al cálculo de la fábrica tradicional.

- El dintel deberá apoyarse sobre la junta de mortero, que será continua en la zona de apoyo (muros interiores y exteriores).

³⁰ Para agilizar el proceso constructivo, pueden ejecutarse los dinteles a pie de obra y colocarlos luego, una vez endurecidos.

³¹ Considerando, por ejemplo, las indicaciones de la norma NBE FL-90 en su apartado 5.7.2 "Empotramiento".

- El revestimiento situado sobre los dinteles se armará anclando la armadura con una longitud igual o superior a 20 cm, por cada uno de sus lados, y se realizará un goterón en la cara inferior de los mismos.

En las esquinas superiores de los huecos, se reforzará la malla del revestimiento con bandas de 20 x 35 cm o superiores, colocadas perpendicularmente a las diagonales del hueco.

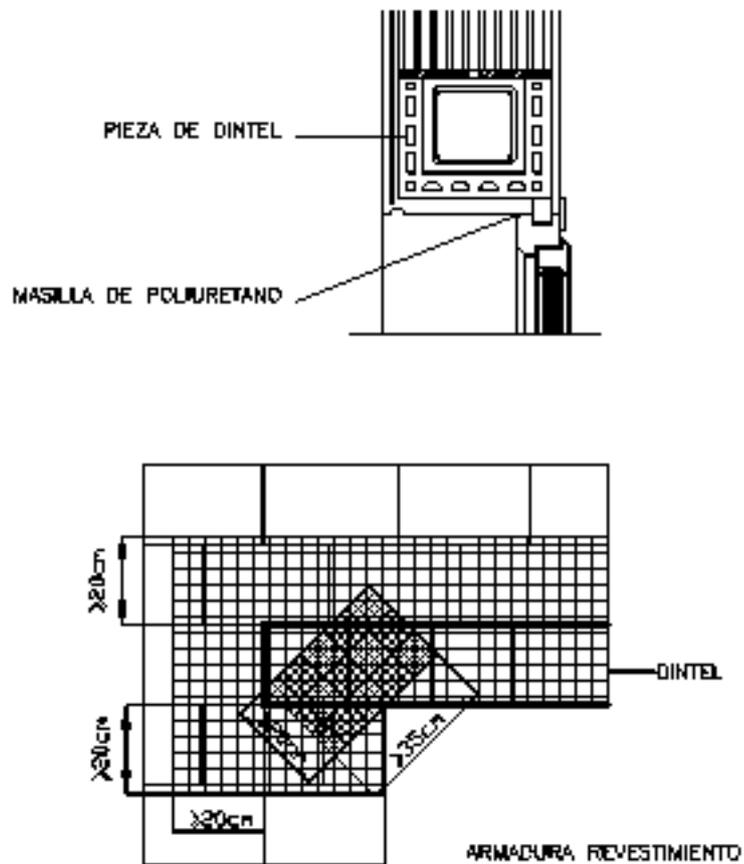


Figura 28: Dintel sin caja de persiana.

Casos particulares y soluciones alternativas:

- Si existe riesgo de condensaciones en la pieza en U debido a un coeficiente de transmisión de calor K desfavorable³², puede mejorarse su comportamiento utilizando alguna de las soluciones indicadas en el apartado 3.2.10 para estos casos.

También es posible colocar un aislamiento en el interior de la pieza en U, por el lado exterior. Sin embargo esta última solución puede presentar problemas de ejecución en obra, y además con ella el frontal de la pieza en U no colabora mecánicamente con el dintel de hormigón armado.

- En caso de no disponer de piezas en U, pueden utilizarse las siguientes soluciones³³:
 - Ejecución de un dintel armando los tendeles y utilizando piezas de 9 cm (ajuste vertical); para definir el armado, véase el manual del fabricante de armaduras o la normativa aplicable.
 - Colocación de un perfil metálico en T, en posición invertida, forrado por ambos lados con plaquetas o piezas cortadas (véanse figuras en apartado 3.2.10):
 - El ala del perfil no penetrará hasta la cara interior del muro y se entregará contra el premarco para evitar un posible puente térmico.
 - Las plaquetas o las piezas cortadas deberán apoyarse al menos en 2/3 partes de su espesor.
 - El perfil se podrá revestir³⁴ o dejar visto, siempre y cuando, en este último caso, disponga de un sistema de protección adecuado frente a la corrosión³⁵. En zonas costeras o en zonas industriales con ambientes agresivos, se utilizará siempre la solución revestida.
 - Para luces de huecos superiores a 2 m, deberán tenerse en cuenta los posibles problemas de deformación térmica diferencial del perfil respecto a la fábrica.
 - Colocación de un dintel de piezas cerámicas prefabricadas, armadas.
 - Ejecución de un dintel de hormigón armado, forrado con plaquetas colocadas con mortero de alta adherencia.
 - Otras soluciones habitualmente utilizadas en la fábrica de piezas cerámicas podrán ser utilizadas, siempre y cuando su diseño y ejecución permita el cumplimiento de los requisitos de resistencia mecánica, impermeabilidad y aislamiento térmico en muros o cerramientos de Termoarcilla® de una hoja. En esta zona, el revestimiento se armará siempre que sea necesario para prevenir posibles fisuraciones por cambio de material y/o de sección del soporte.

³² Como en la mayoría de construcciones, las condiciones ambientales del interior (la existencia y el tipo de calefacción, el nivel de ocupación de la vivienda, la temperatura interior o la renovación de aire necesaria) son importantes para un comportamiento higrotérmico correcto de las soluciones consideradas, ya que pueden determinar distintos niveles de condensación.

³³ Podrá utilizarse cualquiera de estas soluciones siempre que, según la ubicación climática de la obra, no exista riesgo de condensaciones en este punto.

³⁴ El revestimiento del perfil por su cara inferior se resolverá con el mismo revestimiento que el paramento frontal, retornando la malla de refuerzo.

³⁵ Para dinteles prefabricados metálicos se tendrá en cuenta la norma EN 845-2 y el Eurocódigo 6, Parte 2, tabla C.2 "Sistemas de protección frente a la corrosión para dinteles en relación con las clases de exposición".

- En muros portantes interiores podrá utilizarse cualquiera de las soluciones citadas. También podrán utilizarse otras soluciones cuyo diseño y ejecución permitan alcanzar las prestaciones mecánicas requeridas. En esta zona, el revestimiento se armará siempre que sea necesario para prevenir posibles fisuraciones por cambio de material y/o de sección del soporte.

3.2.6.2 Dinteles con caja de persiana

- Podrán resolverse disponiendo un pre-cargadero debajo del dintel, resuelto con piezas en forma de U de 10 cm de cerámica aligerada Termoarcilla®, detrás del cual podrá colocarse un sistema compacto de caja de persiana. Este dintel deberá apoyarse sobre la junta de mortero, como mínimo en una longitud de 15 cm por cada lado.
- Si es necesaria la inclusión de aislamiento en la caja de persiana, se recomienda consultar con el fabricante, dadas las diferentes características de los sistemas compactos existentes.

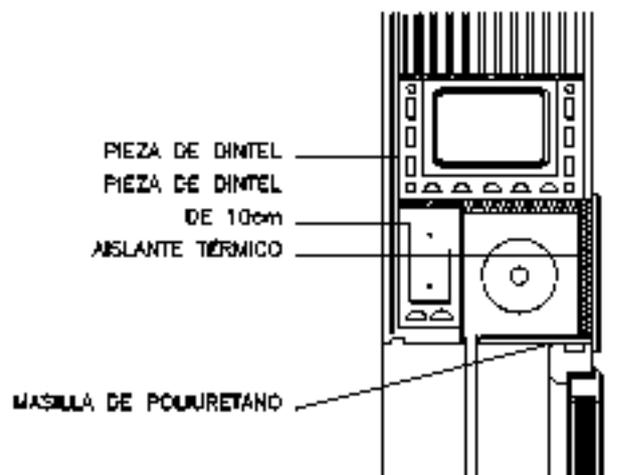


Figura 29: Dintel con caja de persiana.

- También podrán utilizarse otras soluciones, como las siguientes:
 - Solución con perfil metálico revestido por la cara inferior³⁶ (véanse las figuras del apartado 3.2.10)³⁷ o bien visto, con un sistema de protección adecuado frente a la corrosión³⁸. En zonas costeras o en zonas industriales con ambientes agresivos siempre se utilizará la solución revestida. Para luces de huecos superiores a 2 m, deberán tenerse en cuenta los posibles problemas de deformación térmica diferencial del perfil respecto a la fábrica.
 - Solución con caja de cerámica para persiana formada por piezas L armadas, siempre que resista el peso de las hiladas superiores. También puede colocarse debajo de un dintel o del forjado.
 - Soluciones con elementos de carpintería vistos, colocados debajo de un dintel o del forjado.
 - Soluciones con otros materiales, cuyo diseño y ejecución permitan alcanzar las prestaciones mecánicas necesarias y sean compatibles con los movimientos de la fábrica. En esta zona, el revestimiento se armará siempre que sea necesario para prevenir posibles fisuraciones por cambio de material y/o de sección del soporte.
- En cualquiera de las soluciones de caja de persiana adoptada, deberá asegurarse el aislamiento térmico de la fachada en dicho punto.

3.2.7 Arcos y ventanas redondas

(Muros portantes y cerramientos)

- La ejecución de dichos elementos requiere un corte específico de las piezas base que deberá estudiarse en cada caso concreto.
- Dada la singularidad de estas unidades, puede emplearse el ladrillo como formato más asequible para realizar superficies curvas, siempre y cuando se tenga en cuenta la penalización térmica (puente térmico) que se producirá en este punto.

³⁶ El revestimiento del perfil por su cara inferior se resolverá con el mismo revestimiento que el paramento frontal, retornando la malla de refuerzo.

³⁷ En caso de luces de hueco importantes, que puedan dar lugar a deformaciones del dintel relevantes y originar así fisuras horizontales, se tomarán medidas para garantizar la impermeabilidad de esta zona.

³⁸ Para dinteles prefabricados metálicos se tendrá en cuenta la norma EN 845-2 y el Eurocódigo 6, Parte 2, tabla C.2 "Sistemas de protección frente a la corrosión para dinteles en relación con las clases de exposición".

3.2.8 Jambas

(Muros portantes y cerramientos)

- Para su ejecución se utilizarán piezas complementarias de terminación y medias.
- Cuando no sea posible disponer de las piezas complementarias indicadas, podrán utilizarse piezas cortadas y piezas base que se regularizarán con mortero. En estos casos, se colocará una malla en el revestimiento de esta zona. El corte de las piezas deberá realizarse con los medios adecuados (véase el apartado 5.10 “Corte de los bloques”). Las piezas cortadas no deberán tener una longitud menor de 10 cm.

Esta solución no deberá aplicarse cuando pueda reducir las prestaciones mecánicas³⁹ o higrotérmicas⁴⁰ de la fábrica, afectando a su buen comportamiento.

- En zonas donde exista un riesgo de que se produzcan condensaciones en la zona próxima al encuentro con la carpintería, es recomendable adoptar soluciones como las indicadas en el apartado 3.2.10 “Entrega de la carpintería con el hueco”.

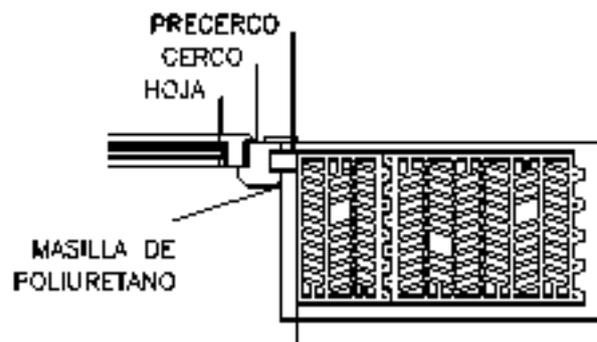


Figura 30: Jamba.

³⁹ Para muros portantes no se utilizarán piezas complementarias obtenidas por corte en obra o en fábrica.

⁴⁰ Cuando pueda incrementarse el riesgo de condensaciones en la zona de la cara interior del cerramiento próxima al encuentro con la carpintería, en particular por la incorporación de mortero en las celdas donde se ha realizado el corte, no es recomendable el uso de esta solución.

3.2.9 Antepecho y alféizar

(Muros portantes y cerramientos)

3.2.9.1 Antepecho

- Como en la fábrica tradicional, cuando se prevean fuertes concentraciones de carga en el borde del hueco, se armarán los tendeles situados debajo del mismo.
- El armado del antepecho es una solución preventiva de la fisuración que habitualmente se produce en los huecos de ventana, como en el caso arriba indicado.
- Como mínimo, se armarán dos hiladas. La cuantía del armado será en función de las cargas de los machones, así como de la deformabilidad del elemento de apoyo (véase el manual del fabricante de armaduras).

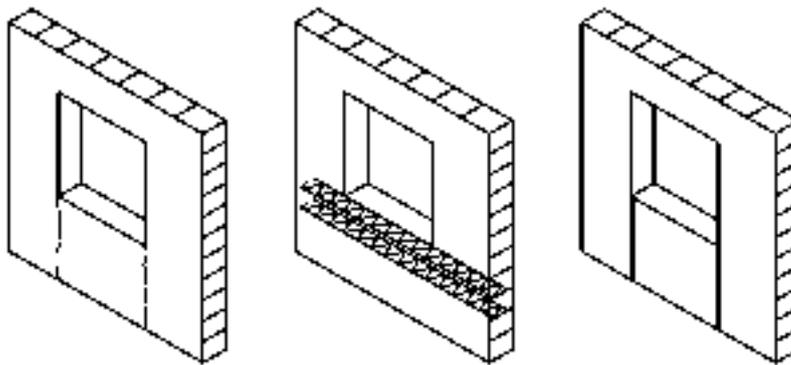


Figura 31: Esquemas de resolución del antepecho.

3.2.9.2 Alféizar

En este punto, no hay especificaciones o criterios diferentes respecto de los que se aplicarían en fábrica tradicional.

- El alféizar tendrá una pendiente superior al 10%. Sus extremos penetrarán en el revestimiento de los telares.
- El vierteaguas estará provisto de un goterón y deberá volar lo mismo que las albardillas, unos 4 cm aproximadamente.
- Debajo del vierteaguas es recomendable colocar una impermeabilización cuando este sea discontinuo, o bien sea de materiales porosos que puedan permitir el paso del agua (piedra, cerámica y otros).
- En los anteriores supuestos, se colocará una membrana impermeable debajo, a los lados y detrás del vierteaguas, fijándola al cerco o a la fábrica. También podrá utilizarse un mortero impermeabilizante (véase el apartado 2.5.5.2).
- Cuando sea necesario, es recomendable utilizar alféizares con rebordes laterales.

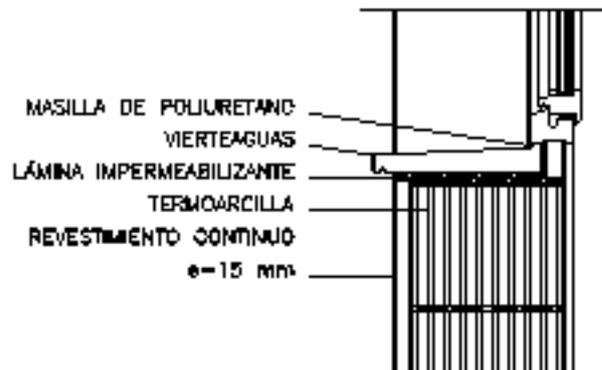


Figura 32: Antepecho y alféizar.

3.2.10 Entrega de la carpintería con el hueco

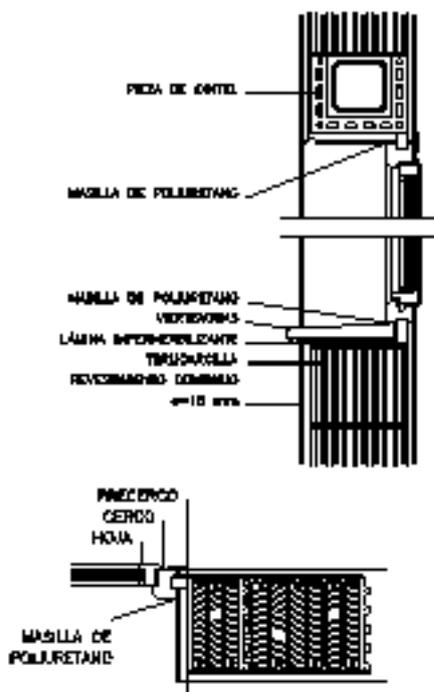
(Muros portantes y cerramientos)

- La colocación de la ventana deberá cumplir las exigencias de la UNE 85.219:86 *Ventanas. Colocación en obra*.
- Se colocará un precerco.
- La carpintería se colocará preferentemente a haces interiores o en posición intermedia.
- En caso de existir riesgo de condensaciones en este punto⁴¹, la colocación de la carpintería en posición intermedia sólo disminuye este riesgo ligeramente. Para reducir el puente térmico se puede hacer lo siguiente:
 - colocar un material o un revoco aislante en las jambas y en la cara inferior del dintel; o bien
 - colocar una doble ventana.

Aunque no existen bloques fabricados con mocheta, también será válida una solución con mocheta mediante corte de piezas.

⁴¹ Como en la mayoría de construcciones, las condiciones ambientales del interior (la existencia y el tipo de calefacción, el nivel de ocupación de la vivienda, la temperatura interior o la renovación de aire necesaria) son importantes para un comportamiento higrotérmico correcto de las soluciones consideradas, ya que pueden determinar distintos niveles de condensación.

ENTREGA CARPINTERÍA-HUECO



ENTREGA CARPINTERÍA-HUECO CON CAJA DE PERSIANA, SOLUCIÓN CON PIEZA U DE 10 mm

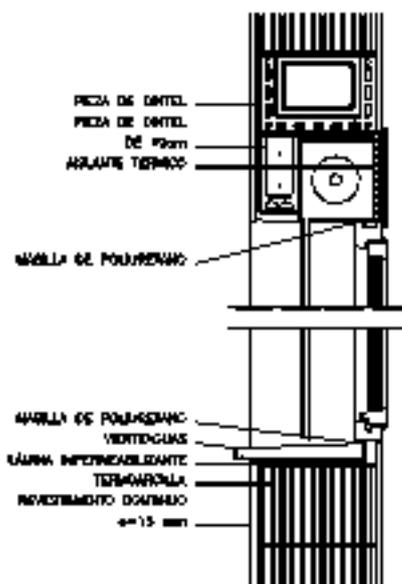


Figura 33: Entregas carpintería-hueco.

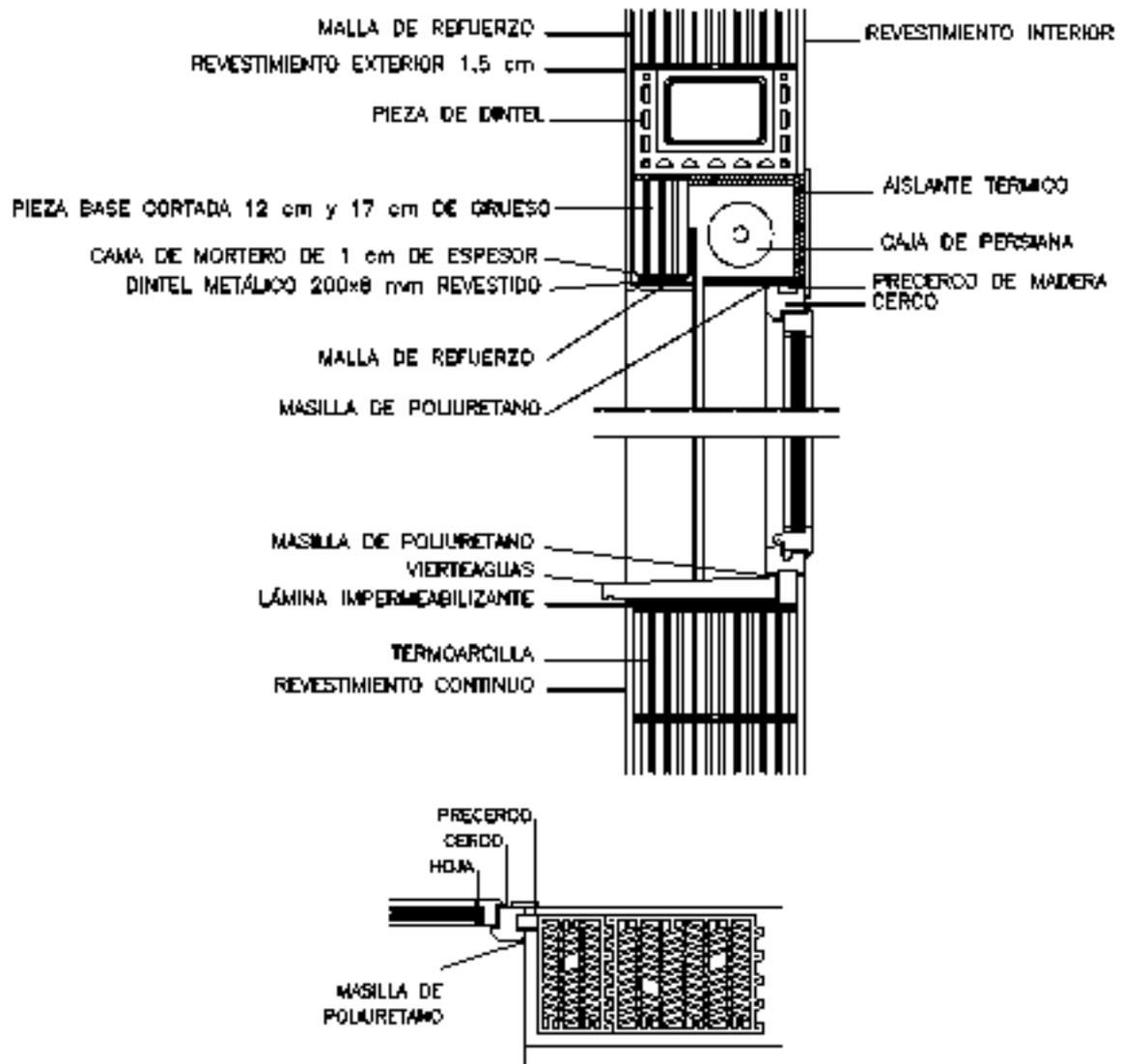


Figura 34: Hueco de ventana. Solución con perfil metálico en L en muro de 29 cm, con caja de persiana.

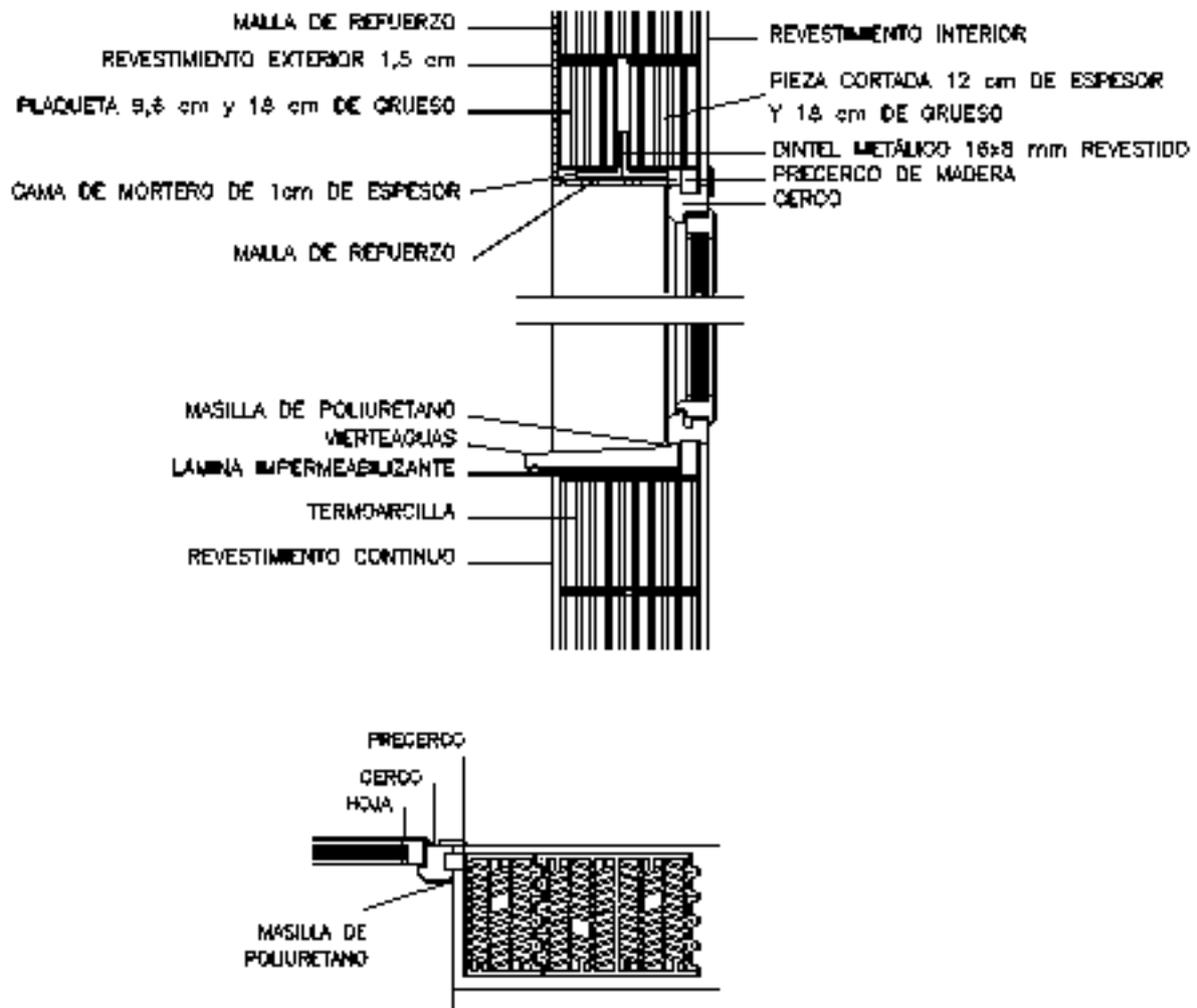


Figura 35: Hueco de ventana. Solución de dintel con perfil metálico en T en muro de 24 cm, sin caja de persiana.

3.2.11 Tramos de muro curvos

(Muros portantes y cerramientos)

Los tramos curvos podrán resolverse del siguiente modo:

1. Realizando cortes en forma de cuña en los bloques.

El radio mínimo recomendable empleando esta solución es de 3 metros.

Al eliminar los machihembrados del bloque, la junta vertical se resolverá con dos bandas de mortero, con un ancho mínimo de 6 cm, entre las cuales se colocará una banda de 2 cm de material aislante, tipo poliestireno o lana de vidrio, con el fin de mejorar el comportamiento térmico del muro en esta zona y evitar el macizado de la junta vertical de mortero.

En el caso de muros interiores no será necesaria la colocación de material aislante, de modo que la junta vertical puede macizarse con mortero.

Teniendo en cuenta que las dos superficies de un tramo curvo presentan entrantes y salientes, se preverá lo siguiente:

- En el caso del revestimiento exterior, antes de aplicarlo se regularizará con mortero la superficie del muro, y al ejecutarlo se colocará una malla embebida en su espesor.
 - En el caso del revestimiento interior, al ejecutarlo se colocará una malla embebida en su espesor.
2. En cerramientos exteriores, empleando ladrillos para realizar la zona curva, siempre y cuando se tenga en cuenta la penalización térmica que se producirá en este punto, para lo cual se adoptarán las medidas oportunas (por ejemplo, trasdosados).

La unión entre el tramo curvo de ladrillo y el tramo o tramos de bloques Termoarcilla® se realizará mediante juntas de movimiento verticales (véase el apartado 3.2.3.1).

3.2.12 Apoyo del forjado (muros portantes)

- Se aplicarán las disposiciones de la Instrucción EFHE para resolver la unión entre el forjado y el muro.
- En el caso de viguetas, podrá resolverse incrementando el canto del zuncho al menos 5 cm con respecto al canto del forjado o bien, como solución alternativa, manteniendo el canto del zuncho igual al del forjado.

En ambos casos, podrán aplicarse soluciones de enlace por solapo, por introducción de la armadura saliente o por entrega.

- El frente del forjado se resolverá con un material de la misma naturaleza que el del muro. Podrán utilizarse para este fin plaquetas Termoarcilla® (4,8 cm, 9,6 cm u otro espesor disponible), la pieza de dintel cortada en forma de L o plaquetas cortadas de piezas enteras. En caso de utilizar piezas cerámicas ajenas al sistema, deberá tenerse en cuenta el mayor riesgo de condensación en el puente térmico y deberán contemplarse los criterios y recomendaciones de la normativa vigente para evitar condensaciones superficiales en este punto.

Para la elección del espesor de la plaqueta se tendrá en cuenta que el muro debe apoyarse al menos en 2/3 partes de su espesor, y deberá considerarse además el puente térmico existente en este punto.

Cuando las condiciones en relación con el puente térmico sean desfavorables⁴² en este punto, es importante el control del ambiente interior (temperatura, porcentaje de humedad, ventilación), o bien la adopción de medidas constructivas que tengan en cuenta⁴³ o prevengan⁴⁴ el riesgo de condensaciones superficiales, cuando no sea posible el control del ambiente interior (por ejemplo, en viviendas sin calefacción, o con un grado de ocupación alto sin una ventilación suficiente).

En muros de 29 cm, por su mayor resistencia térmica, es recomendable el uso de plaquetas de 9,6 cm.

En muros de 24 cm, en los que el recubrimiento del frente de forjado no debe ser superior a 8 cm (1/3 del espesor del muro), cuando las condiciones en relación con el puente térmico sean desfavorables⁴², se adoptarán las medidas arriba indicadas.

⁴² Según los criterios y recomendaciones de la normativa vigente.

⁴³ Uso de materiales que no se deterioren con la humedad (por ejemplo, yesos no aditivados, sin polifosfatos) en la zona próxima al puente térmico, en particular en el enyesado.

⁴⁴ Colocación de escocias en el rincón con el techo, preferiblemente con materiales aislantes, o colocación de tiras de aislamiento en techo y suelo a partir de la cara interior del cerramiento.

Formas de colocación de las diferentes piezas:

- Las plaquetas Termoarcilla® (de 4,8 cm, 9,6 cm u otro espesor disponible) se podrán colocar como fondo de encofrado perdido. Las plaquetas de 4,8 cm también podrán colocarse con mortero de alta adherencia, mediante pegado continuo en capa gruesa.
- Las plaquetas cortadas de piezas enteras se emplearán únicamente como fondo de encofrado perdido.
- En el caso de las piezas en L, el forjado se podrá apoyar:

1. Sobre la suela de la pieza.

Si la altura de la misma no es suficiente para cubrir todo el frente del forjado, se suplementará con piezas obtenidas a partir de las alas sobrantes del corte de las piezas de dintel.

2. Sobre el ala de la pieza.

En este caso, el apoyo equivale a un ancho de 19 cm menos el espesor de la suela. La anchura restante del espesor del muro de 24 o 29 se rellenará con el hormigón del forjado, para lo cual se colocará un elemento de encofrado lateral que lo haga posible.

En ambos casos, es necesario que la base o el ala de la pieza, según la solución adoptada, tenga una resistencia a compresión del mismo orden de magnitud que las piezas base⁴⁵.

- Si el zuncho se ejecuta directamente sobre la parte superior del muro de Termoarcilla®, **debe impedirse la penetración del hormigón a través de las perforaciones verticales de la pieza colocando una lámina fina (plástico fino o papel kraft) entre la cara superior del muro y el zuncho**. Dichas perforaciones también podrán cegarse con mortero, pero evitando el macizamiento de los bloques, porque supondría una reducción del aislamiento térmico de dicha hilada.

El empleo de piezas específicas de remate en forma de L tiene ciertas ventajas. La propia pieza de remate evita la incorporación de hormigón al interior del bloque y remata exteriormente el muro con un material de la misma naturaleza que el de la fachada.

⁴⁵ No podrá apoyarse sobre el ala de la pieza cuando esta no disponga de una geometría acorde con esta función resistente (igual que la base).

- En la unión de la fachada con el **último forjado**, el giro del mismo puede provocar fisuras, especialmente en fachadas lisas (sin aleros o viseras). Por tanto, en dicho forjado es recomendable el empleo de una junta horizontal⁴⁶ en el revestimiento exterior. **En los otros forjados** se recomienda también su uso en aquellos casos con posibles problemas causados por: retracción del hormigón, forjado deformable o canto insuficiente del forjado en relación con su luz. Dicha junta se ejecutará a la altura de la cara inferior del forjado o zuncho, y se sellará con una masilla de poliuretano colocada sobre un cordón de base.
- En el extremo de los forjados en los que no se ejecute junta de movimiento horizontal, es aconsejable hacer coincidir juntas de trabajo del mortero monocapa con la unión del muro con la cara inferior del forjado.
- Con el fin de asegurar que los esfuerzos originados por la retracción del hormigón no provoquen fisuración horizontal en el muro, se considerarán los siguientes criterios:
 - Cuando el forjado requiera un apuntalamiento, es importante que se traslade el mínimo de cargas a los muros portantes.
 - Si el forjado utilizado no precisa apuntalamiento, será conveniente dejar endurecer el muro antes de someterlo a carga, un tiempo mínimo que dependerá del tipo de mortero y de las condiciones ambientales (aproximadamente una semana, a temperaturas de entre 15º y 20º C).
- Al no existir cámara de aire ni trasdosados por detrás de la única hoja, es importante la correcta ejecución de este punto de la fachada, con el fin de evitar fisuras que puedan afectar a la impermeabilidad del muro.

⁴⁶ Se puede prescindir de esta junta, resolviendo el detalle del último forjado con piezas o diseños que actúen como tapajuntas, protegiendo la junta del forjado con el muro portante.

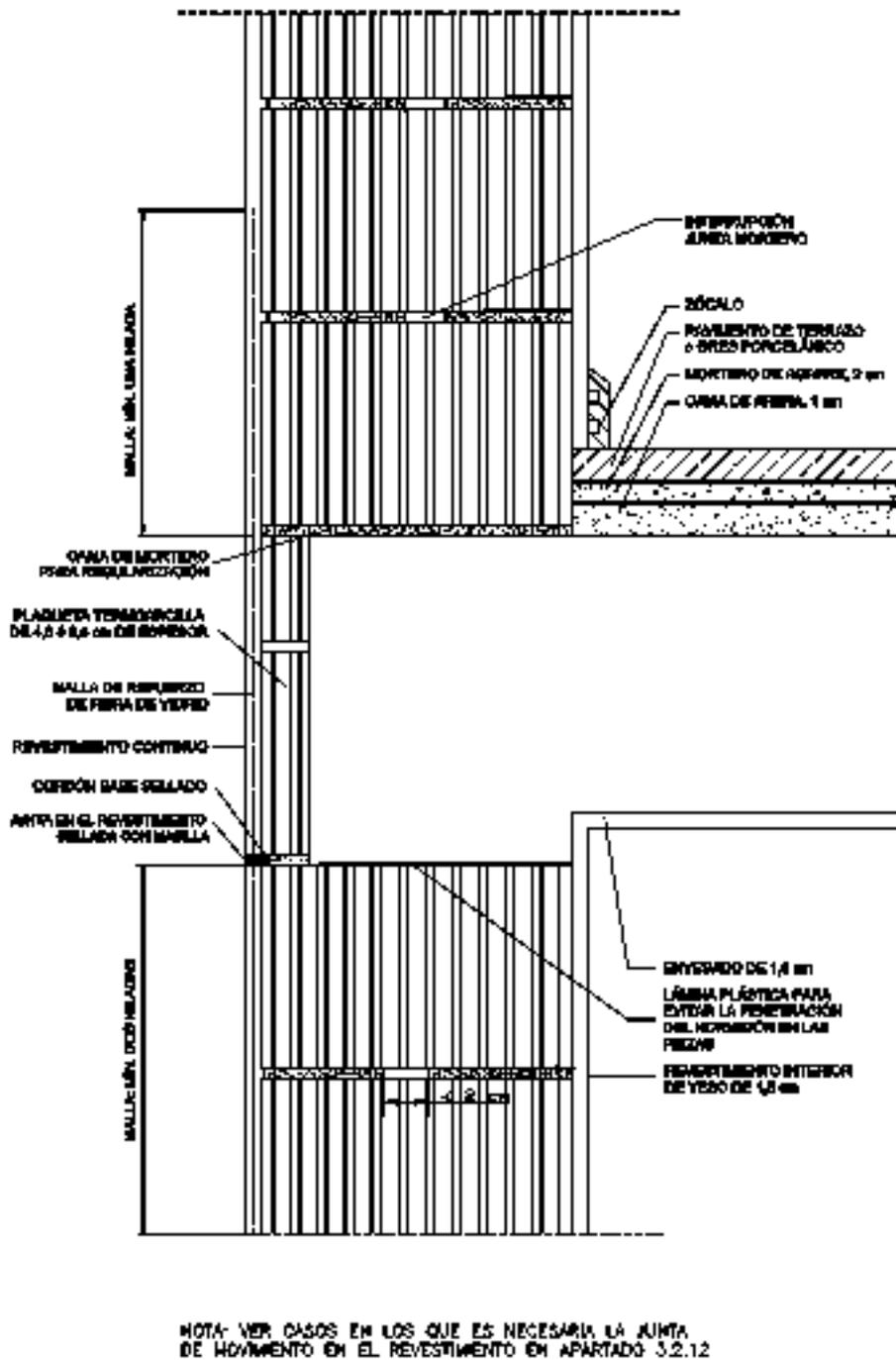
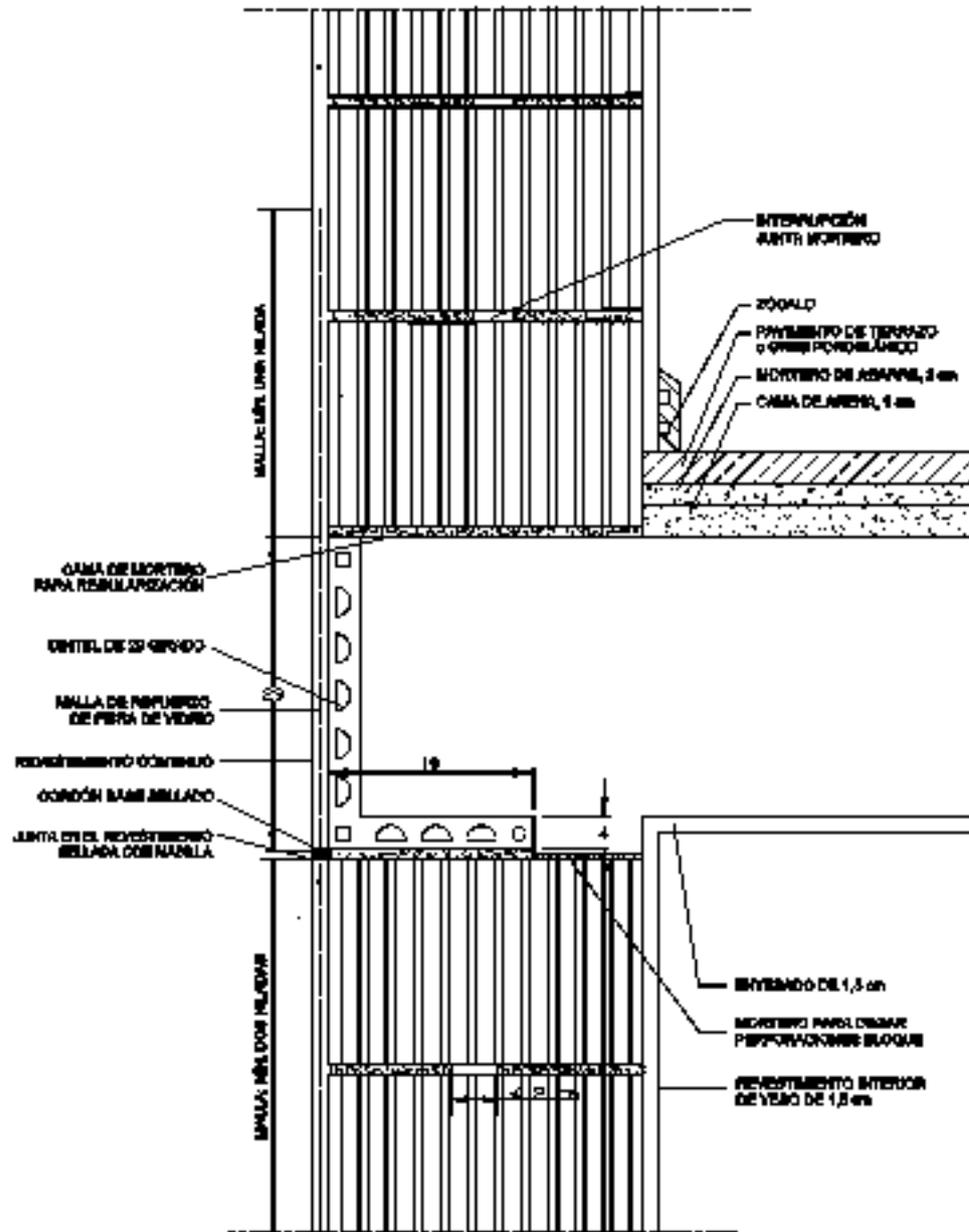


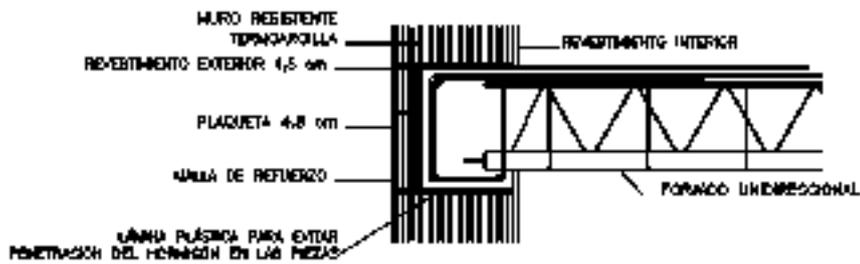
Figura 37: Apoyo del forjado en muro portante. Solución con plaqueta.



NOTA: VER CASOS EN LOS QUE ES NECESARIA LA JUNTA DE MOVIMIENTO EN EL REVESTIMIENTO EN APARTADO 3.2.12

Figura 38: Apoyo del forjado en muro portante. Solución con pieza L girada.

APOYO DEL FORJADO. CANTO ZUNCHO > CANTO FORJADO (EJEMPLO)



APOYO DEL FORJADO. CANTO ZUNCHO = CANTO FORJADO (EJEMPLO)

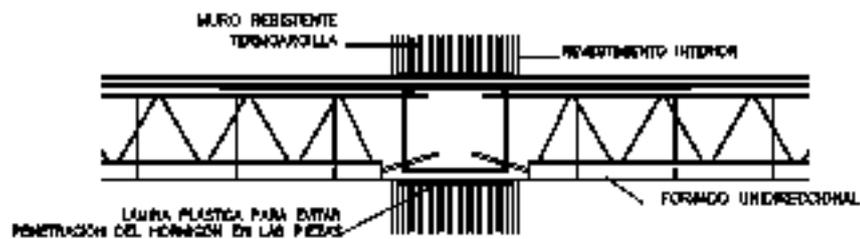
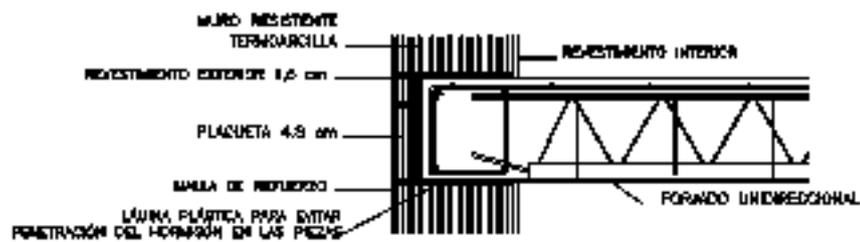


Figura 39: Apoyos del forjado.

3.2.13 Apoyo del último forjado en el caso de azotea (muros portantes)

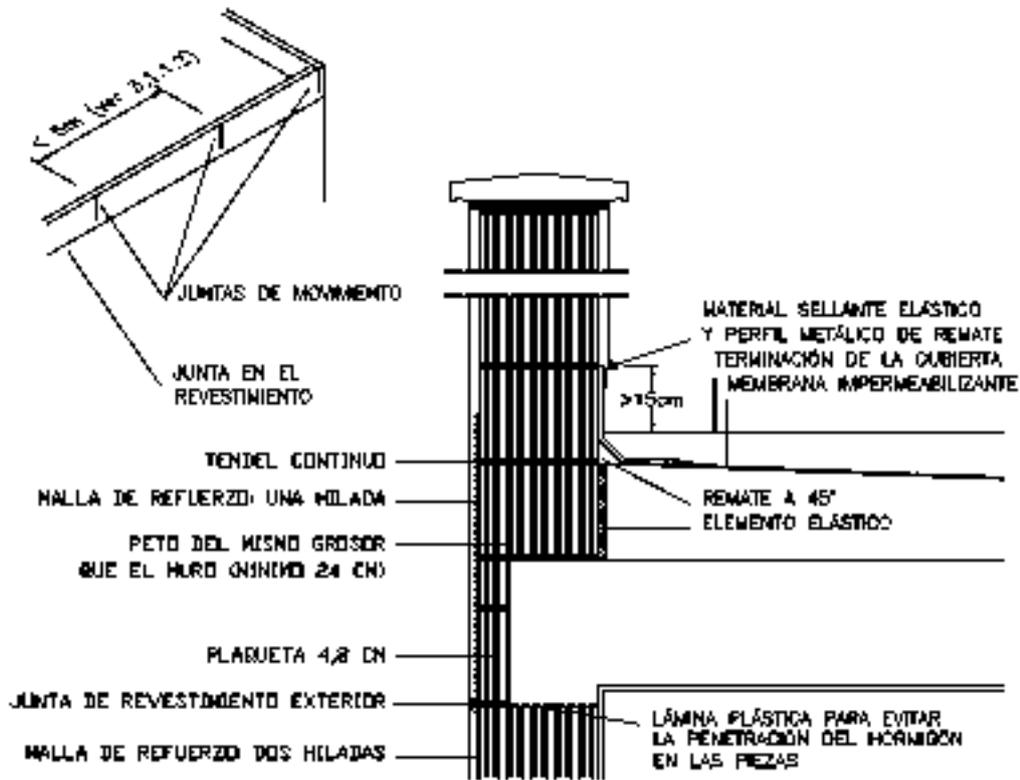
Salvo en lo relacionado con los giros y empujes de este forjado, se resolverá con la misma solución que para las plantas inferiores.

- En la unión de la fachada con el **último forjado**, el giro del mismo puede provocar fisuras, especialmente en fachadas lisas (sin aleros o viseras). Por tanto, en dicho forjado es recomendable el empleo de una junta horizontal⁴⁷ en el revestimiento exterior.

En caso de que pudieran producirse empujes horizontales por acciones térmicas, en el último forjado o capas por encima de él (por insuficiente aislamiento del forjado, o bien por empujes de la formación de pendientes o del pavimento de la azotea, sobre el peto), se recomienda resolver el encuentro de este forjado con la fachada mediante aleros o viseras, o bien mediante diseños con tapajuntas. En estas condiciones, la solución con una junta de movimiento horizontal no es suficiente en fachadas lisas.

- Se ha de prestar atención a los forjados de bovedillas de poliestireno expandido en los que los nervios no quedan aislados.
- Los movimientos excesivos de este forjado pueden mitigarse:
 - Con una colocación adecuada y suficiente de los aislamientos.
 - Con el empleo de cubiertas ventiladas.
 - Evitando colocar materiales de color oscuro.
- Con el objeto de asegurar que los esfuerzos originados por la retracción del hormigón no provoquen fisuración horizontal en el muro, se considerarán los siguientes criterios:
 - Cuando el forjado requiera un apuntalamiento, es importante que se traslade el mínimo de cargas a los muros portantes.
 - Si el forjado utilizado no precisa apuntalamiento, será conveniente dejar endurecer el muro antes de someterlo a carga, un tiempo mínimo que dependerá del tipo de mortero y de las condiciones ambientales (aproximadamente una semana, a temperaturas de entre 15 y 20°C).

⁴⁷ Se puede prescindir de esta junta, resolviendo el detalle del último forjado con piezas o diseños que actúen como tapajuntas, protegiendo la junta del forjado con el muro portante.



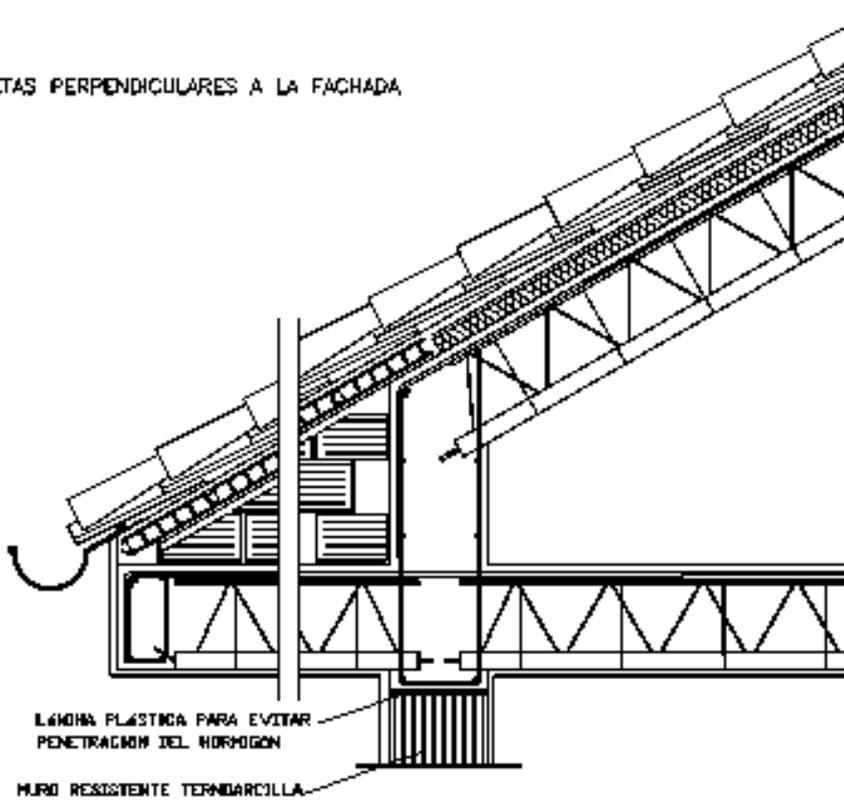
NOTA: ES POSIBLE PRACTICAR POZA EN MUROS DE 24 ó 29 cm PARA ALOJAR MEMBRANA IMPERMEAB.

Figura 40: Apoyo del último forjado en caso de azotea.

3.2.14 Apoyo del último forjado en el caso de tejado (muros portantes)

- El apoyo del forjado de cubierta sobre el muro debe hacerse adecuadamente, de forma que no se produzcan acciones horizontales que el muro no pueda asumir, con el fin de evitar fisuras o grietas horizontales. En dicho caso (viguetas perpendiculares al muro), se ejecutará un elemento vertical de hormigón armado para resolver el encuentro.
- En el caso de forjados con viguetas paralelas a la fachada, cuando esta no tiene una función portante, se resolverá la entrega con el mismo criterio que para el apoyo del último forjado en el caso de azotea.
- El forjado del tejado deberá estar siempre convenientemente aislado, para evitar movimientos por cambio de temperatura que produzcan empujes horizontales en el muro.

VIGUETAS PERPENDICULARES A LA FACHADA



VIGUETAS PARALELAS A LA FACHADA

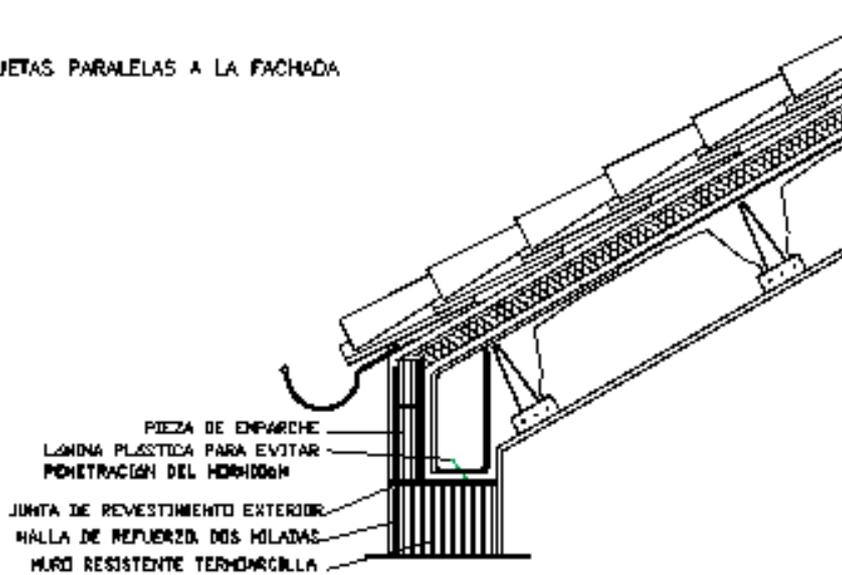


Figura 41: Apoyo del último forjado en caso de tejado.

3.2.15 Encuentro con el forjado (cerramientos exteriores)

3.2.15.1 Encuentro con el forjado

- El cerramiento deberá apoyarse sobre el canto del forjado al menos en 2/3 partes de su espesor.
- El canto del forjado deberá volar 5 cm con respecto a los pilares del borde (en muros de 29 cm, también puede considerarse un vuelo de 10 cm: véase el apartado 3.2.16).
- El frente del forjado se resolverá con un material de la misma naturaleza que el del muro. Podrán utilizarse plaquetas o piezas de emparche de 4,8 cm o de otros espesores próximos, colocadas con un mortero de alta adherencia, tanto en muros de 24 como de 29 cm. En caso de utilizar piezas cerámicas ajenas al sistema, deberá tenerse en cuenta el mayor riesgo de condensación en el puente térmico y deberán contemplarse los criterios y recomendaciones de la normativa vigente para evitar condensaciones superficiales en este punto.

Cuando las condiciones en relación con el puente térmico sean desfavorables⁴⁸ en este punto, es importante el control del ambiente interior (temperatura, porcentaje de humedad, ventilación) o bien la adopción de medidas constructivas que tengan en cuenta⁴⁹ o prevengan⁵⁰ el riesgo de condensaciones superficiales, cuando no sea posible el control del ambiente interior (por ejemplo, en viviendas sin calefacción, o con un grado de ocupación alto sin una ventilación suficiente).

Colocación de las plaquetas:

- No se utilizarán plaquetas obtenidas por corte de piezas base.
- Es posible su colocación vertical para reducir el corte de piezas.
- El mortero para adherirlas será un mortero de alta adherencia, adecuado para pegado en capa gruesa en el exterior (véase el apartado 2.5.6).

⁴⁸ Según los criterios y recomendaciones de la normativa vigente.

⁴⁹ Uso de materiales que no se deterioren con la humedad (por ejemplo, yesos no aditivados, sin polifosfatos) en la zona próxima al puente térmico, en particular en el enyesado.

⁵⁰ Colocación de escocias en el rincón con el techo, preferiblemente con materiales aislantes, o colocación de tiras de aislamiento en techo y suelo a partir de la cara interior del cerramiento.

- La entrega del cerramiento con el forjado podrá resolverse con una junta de movimiento horizontal. En el **último forjado** es recomendable cuando la fachada es lisa (sin viseras o aleros), ya que el giro del extremo del forjado puede provocar fisuras en la fachada. A partir del último forjado es recomendable cada dos plantas, para evitar acumulaciones de flecha. Dicha junta tendrá un ancho de unos 2 cm⁵¹ y deberá cumplir los requisitos de resistencia a fuego de la normativa vigente.

La resolución del relleno y de su cara interior se realizará con materiales adecuados, por ejemplo: relleno con tiras de panel rígido de lana de roca no revestido, de 2 cm de espesor, con reacción al fuego M0 y resistencia térmica 0,6 m²·K/W; y cara interior de la junta con el mismo enyesado del paramento interior. La resolución de la cara exterior de la junta se realizará de igual forma que las juntas de movimiento verticales (véase el apartado 3.2.3.1).

- En los forjados en los que no se ejecute una junta de movimiento horizontal es aconsejable hacer coincidir las juntas de trabajo del mortero monocapa con la unión entre el cerramiento y la cara inferior del forjado.

⁵¹ Este ancho puede variar ligeramente dependiendo del material de relleno y de la horizontalidad de la última hilada antes del forjado.

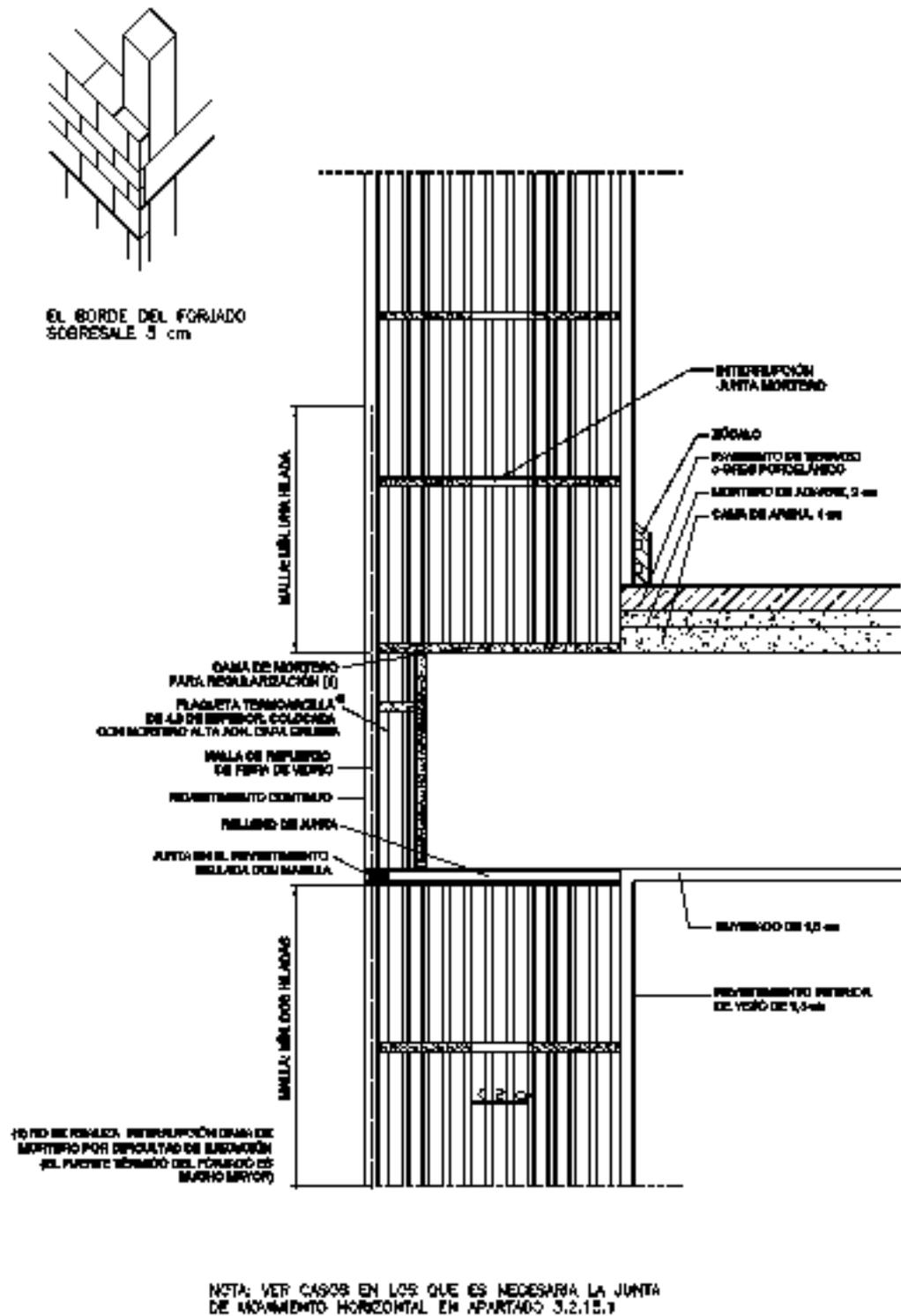


Figura 42: Encuentro con el forjado.

3.2.15.2 Variante con perfil metálico

- Esta variante con un perfil en L puede utilizarse en casos excepcionales, en los que no se hayan cumplido las tolerancias admisibles en la alineación vertical de las caras de los forjados.
- No debe aplicarse en climas marítimos y en zonas industriales con ambientes agresivos. En estos casos se recomienda una observación muy estricta de las tolerancias admisibles en la alineación vertical de las caras.
- En caso de utilizarse esta solución, debe tenerse en cuenta que el perfil estará en un lugar no accesible, por lo que deben tomarse las máximas precauciones en el tratamiento del perfil frente a la corrosión.
- El perfil metálico debe ser calculado en función de las cargas, el vuelo y la distancia entre anclajes. En previsión de los movimientos longitudinales de tipo térmico, los tramos de perfil tendrán como máximo una longitud de 3 m.
- El frente del forjado se resolverá con piezas de emparche de 9,6 cm de espesor, apoyadas sobre un tendel de mortero. En este caso, las plaquetas tienen suficiente espesor para garantizar su estabilidad sin necesidad de recurrir a un mortero de alta adherencia para su unión al canto del forjado.
- A la altura del perfil se realizará una junta horizontal en el revestimiento, que se sellará de igual forma que las juntas de movimiento verticales. Entre la hilada superior del cerramiento y la cara inferior del forjado se dejará una holgura de unos 2 cm, que se rellenará con un material de relleno adecuado, de características similares al indicado en la solución anterior.
- En caso de que esta solución se aplique en un solo forjado del edificio, se recomienda una solución en la que el ala del perfil en L quede enrasada con la cara inferior del forjado. De esta forma, la junta de movimiento quedará situada por debajo del forjado, al igual que en los otros forjados donde se haya efectuado dicha junta.

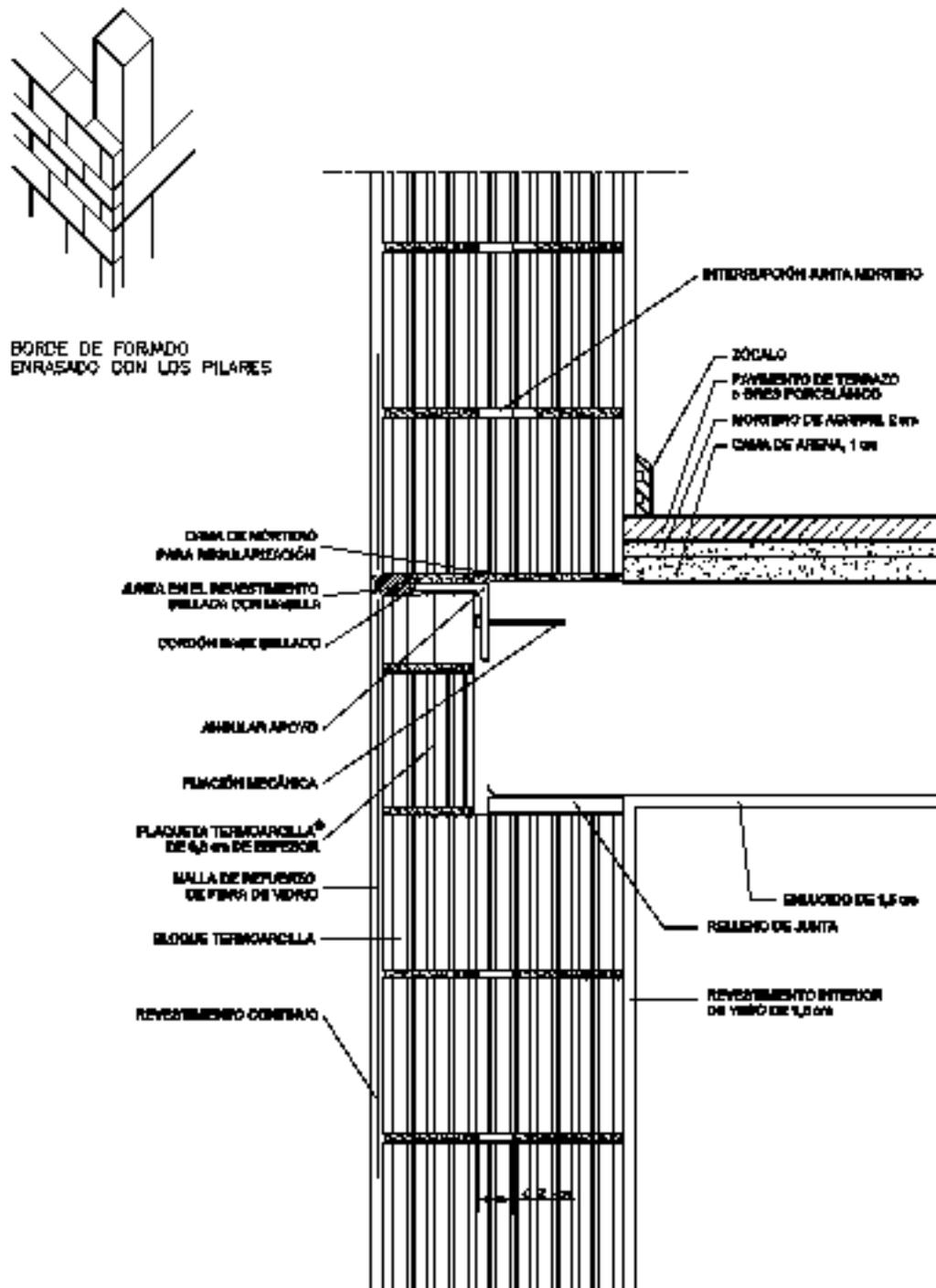


Figura 43: Encuentro con el forjado. Variante con perfil.

3.2.16 Encuentro con pilares (cerramientos exteriores)

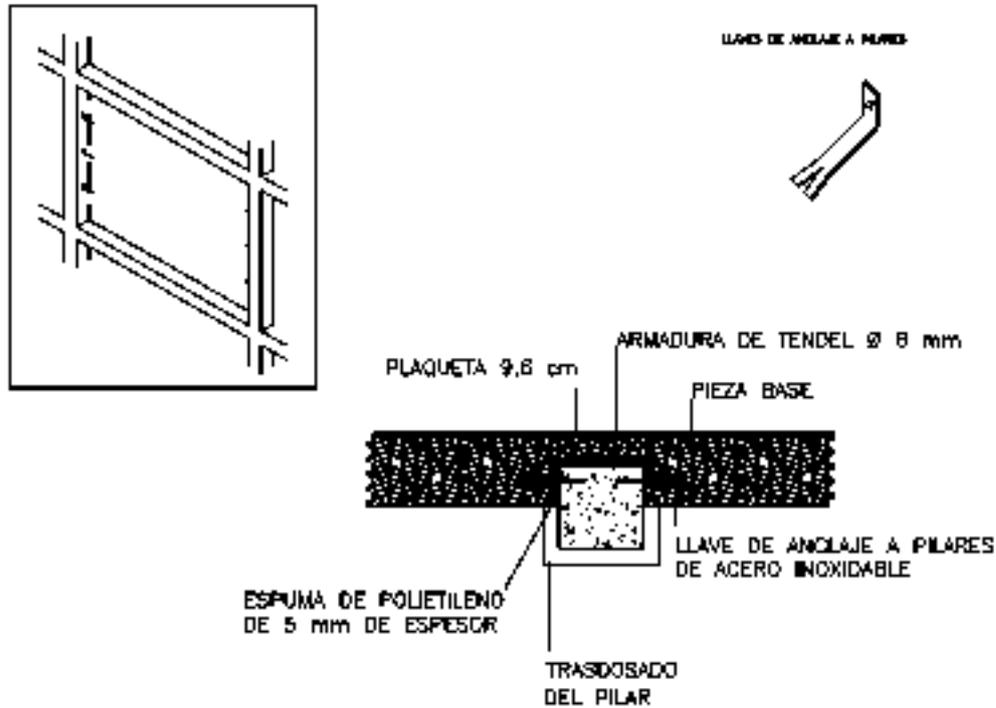
- Las piezas del cerramiento que pasen por delante de los pilares tendrán un espesor mínimo de 9,6 cm, por razones de estabilidad de la fábrica. Se resolverá con plaquetas de 9,6 o bien con piezas base cortadas longitudinalmente. Dicho corte se realizará con los medios adecuados (véase el apartado 5.10).

Con el bloque de 29, además de la solución indicada puede utilizarse la pieza de 14 cm por delante del pilar, cuando el canto del forjado vuela 10 cm con respecto a los pilares del borde.

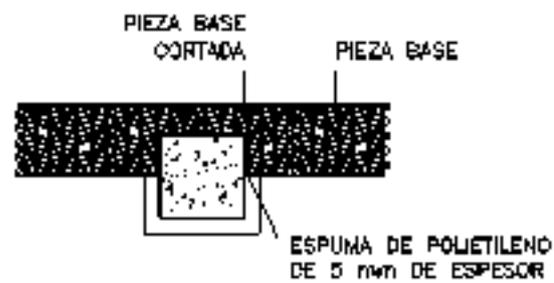
- Se colocarán armaduras en los tendeles cada 3 hiladas, para evitar posibles fisuras del cerramiento en este punto: un redondo de diámetro 6 mm y longitud 120 cm en el ancho de la banda exterior de la junta horizontal. Véase el recubrimiento en el apartado 5.15.

Si el proyecto lo permite, puede simplificarse la ejecución del encuentro situando los pilares por detrás del cerramiento. De esta forma no es necesario colocar armaduras en los tendeles, ni utilizar piezas de diferente ancho en esta zona. No obstante, al igual que en la otra solución, debe asegurarse la estabilidad del cerramiento frente a las acciones horizontales.

- Como en la fábrica tradicional, se colocarán anclajes en los laterales de los pilares para mejorar la estabilidad del cerramiento frente a las acciones horizontales (viento o acciones sísmicas): como mínimo, 3 anclajes en cada lado, evitando su colocación en el arranque y en la coronación del cerramiento. Véanse sus características en el apartado 2.5.2.2.
- Se colocará una lámina de espuma de polietileno entre las caras del pilar y las piezas del cerramiento, con el fin de independizar los movimientos de ambos elementos. El espesor mínimo de esta lámina será 5 mm.
- Cuando se precise reforzar el comportamiento térmico de este punto, se intercalará un aislamiento de 2 cm de espesor en lugar de la lámina indicada.



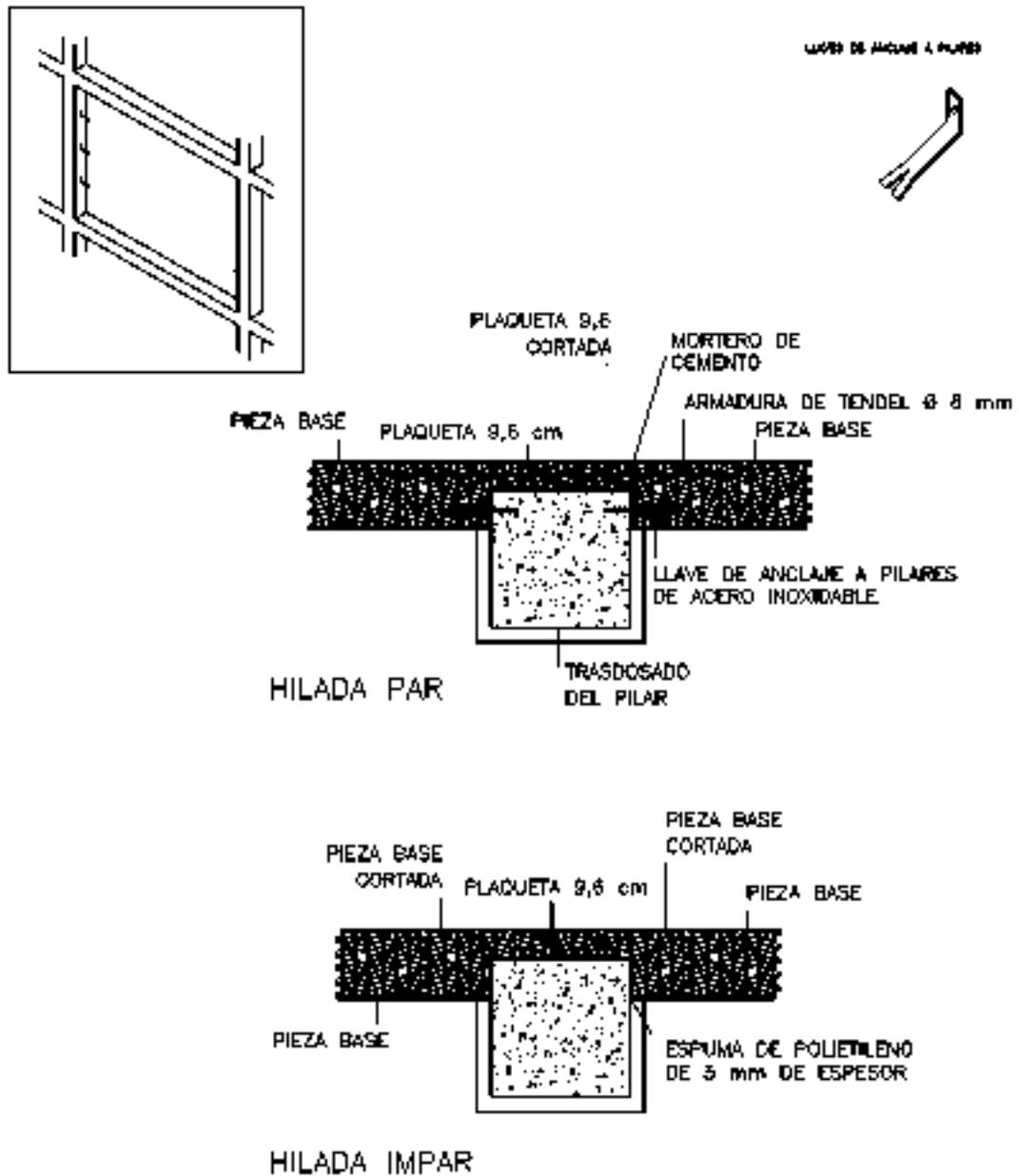
HILADA PAR



HILADA IMPAR

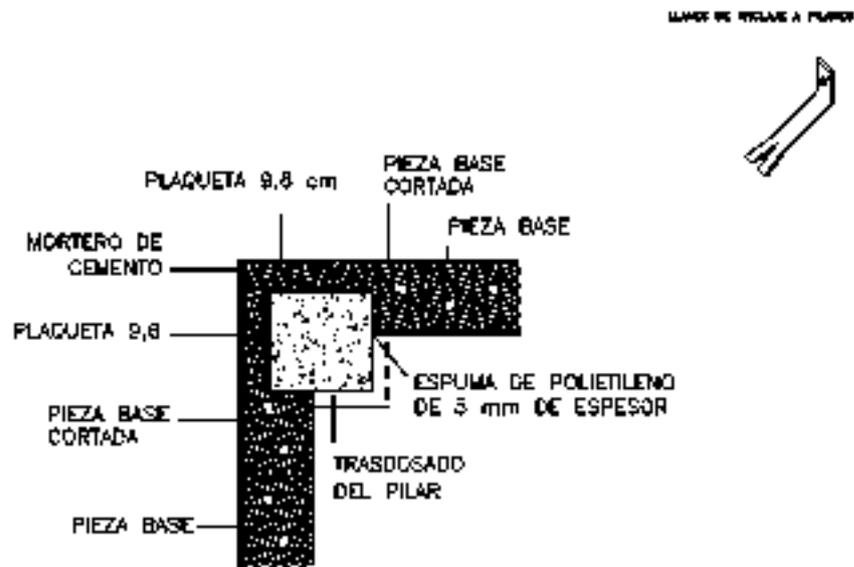
- NOTAS:
- SE COLOCARÁ UNA BARRA DE ACERO (galvanizado o inoxidable) CADA 3 HILADAS.
 - NÚMERO DE ANCLAJES: UN MÍNIMO DE 3 EN CADA LADO DEL MURO.
 - SE COLOCARÁ UNA MALLA EN EL REVESTIMIENTO DE ESTA ZONA.

Figura 44: Unión entre muros de cerramiento y soportes con ancho menor o igual de 30 cm.

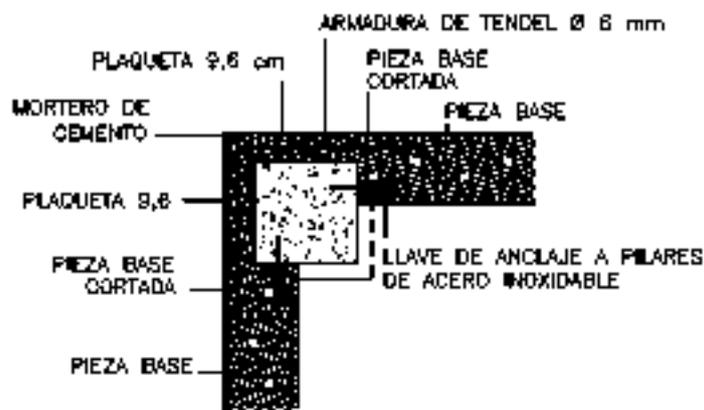


- NOTAS:
- SE COLOCARÁ UNA BARRA DE ACERO (galvanizado o inoxidable) CADA 3 HILADAS.
 - NÚMERO DE ANCLAJES: UN MÍNIMO DE 3 EN CADA LADO DEL MURO.
 - SE COLOCARÁ UNA MALLA EN EL REVESTIMIENTO DE ESTA ZONA.

Figura 45: Unión entre muros de cerramiento y soportes con ancho mayor de 30 cm.



HILADA PAR



HILADA IMPAR

- NOTAS:
- SE COLOCARÁ UNA BARRA DE ACERO (galvanizado o inoxidable) CADA 3 HILADAS.
 - NÚMERO DE ANCLAJES: UN MÍNIMO DE 3 EN CADA LADO DEL MURO.
 - SE COLOCARÁ UNA MALLA EN EL REVESTIMIENTO DE ESTA ZONA.

Figura 46: Unión entre muros de cerramiento y soportes en esquina.

4. Cálculo

4.1. Criterios para el cálculo estructural de muros

Para el cálculo podrá utilizarse el Eurocódigo 6, Partes 1-1 y 1-3.

Una vez aprobado el Código Técnico de la Edificación, podrán utilizarse aquellos métodos de cálculo indicados en él para este tipo de fábrica.

Para el dimensionado de las soluciones de muros portantes, deben contemplarse los siguientes criterios:

- El número máximo de plantas será de 3 (PB + 2). En el caso de edificaciones de 3 alturas, puede añadirse, además, un sótano resuelto con otro tipo de estructura, como por ejemplo muros de hormigón.
- La altura entre forjados de las plantas será de aproximadamente 3 m.
- Los muros podrán ser de cualquier espesor en función del cálculo, salvo aquellos que estén en contacto con el ambiente exterior, cuyo espesor mínimo deberá ser de 24 cm. El espesor utilizado deberá cumplir los diferentes requisitos de la normativa vigente, de acuerdo con la ubicación del muro en el edificio.
- Para el cálculo de los muros de fábrica ejecutados con morteros según las especificaciones indicadas en el apartado 2.3 “Morteros para tendeles”, se utilizarán los valores de resistencia característica a compresión de los muros (f_k) indicados en el DAU, apartado 9.2.1.2, punto “Resistencia a compresión y módulo de deformación de la obra de fábrica Termoarcilla®”, teniendo en cuenta la resistencia característica a compresión (valor mínimo garantizado) y el nivel de aspecto, declarados por el fabricante.

Para otros morteros distintos a los especificados en el apartado 2.3, si no se dispone de ensayos⁵², podrán considerarse los valores de resistencia característica a compresión de los muros (f_k) empíricos, incluidos u obtenidos según el método de cálculo utilizado, con las siguientes condiciones:

1. Datos de entrada para determinar los valores de f_k de la fábrica:
 - Como resistencia a compresión del bloque, se considerará el valor característico mínimo garantizado por el fabricante.
 - Como resistencia del mortero, se considerará un mortero M7,5.

Se recomienda utilizar morteros con la granulometría indicada en el apartado 2.3.

2. Diseño de las uniones con el forjado:

En aquellas uniones con muros exteriores en las que pudieran producirse giros importantes del forjado, se adoptarán medidas constructivas para evitar el riesgo de aparición de fisuras horizontales que puedan afectar a la impermeabilidad del muro, tales como: piezas o diseños que actúen como tapajuntas, juntas de movimiento horizontal o la ejecución de aleros o viseras.

⁵² Para los morteros especificados se ha determinado mediante ensayos la resistencia a compresión de la fábrica y la resistencia a flexión (indicador de la adherencia bloque-mortero). Para otros morteros, el proyectista debe valorar el comportamiento de la fábrica en relación con ambas características, teniendo en cuenta las posibles deformaciones de los muros, especialmente por efecto del giro de los extremos de los forjados.

- La distancia entre ejes de los muros de arriostramiento deberá ser como máximo de 8 m, igual que para el resto de fábricas. Su longitud mínima exenta (sin incluir el espesor de los muros arriostrados) será 0,2 veces la altura libre del piso, y su dimensionado deberá comprobarse mediante cálculo.
- Cada muro tendrá la sección constante, en una misma planta.
- La longitud mínima⁵³ de los machones en muros portantes será de 45 cm. Para el cálculo se recomienda partir de una longitud de 60 cm.
- Para el apoyo de cargas concentradas se tendrán en cuenta los criterios indicados en el apartado 4.4.8 del Eurocódigo 6, Parte 1-1.
- Se recomienda que las pilastras tengan un ancho mínimo de 45 cm. En caso de preverse, los pilares ejecutados con bloque serán como mínimo de 45 x 45.⁵⁴
- Se utilizarán soluciones de forjados acordes con la normativa vigente. Las soluciones constructivas que se han considerado son para forjados unidireccionales con viguetas prefabricadas⁵⁵.
- Se considera recomendable no superar luces de 6 m, salvo justificación específica mediante cálculo de los muros y detalles constructivos de las soluciones de los apoyos.
- El apoyo de los forjados en los muros será como mínimo de 2/3 del grueso del muro.
- Se considerarán sobrecargas de uso hasta 300 kg/m², incluyendo la sobrecarga de tabiquería. Se seguirán las indicaciones de la normativa vigente sobre Acciones en la Edificación.
- En zonas con requisitos sísmicos se tendrán en cuenta los criterios de la normativa sísmica vigente para los usos definidos en el apartado 1.2.

⁵³ En zonas con requisitos sísmicos se considerará una longitud mínima de 60 cm.

⁵⁴ El uso de pilares no deberá realizarse en edificios situados en zonas sísmicas con aceleración de cálculo igual o superior a 0,06g, con el fin de evitar diferencias de rigidez importantes en las dos direcciones de la planta.

⁵⁵ Aunque no se ha considerado en este documento, también es posible utilizar otro tipo de forjados.

4.2. Criterios a considerar en el cálculo de estructuras porticadas con cerramientos de bloque Termoarcilla®

En el cálculo de estructuras porticadas en las que se apoyarán cerramientos de bloque Termoarcilla® podrán considerarse dos opciones:

a. Limitar la flecha y la separación entre pilares

En el perímetro donde se apoya el cerramiento se aplicará la condición de flecha activa (menor que los valores $L/500$ o $L/1000 + 0,5$ cm) para una separación entre pilares inferior a 5,50 m. Para separaciones iguales o superiores, se preverá un nervio de rigidización con un canto superior al del forjado.

Este criterio no será de aplicación en la opción b)

b. Solución alternativa a la anterior, incorporando el cerramiento en el modelo de cálculo cuando su presencia resulte desfavorable para el propio cerramiento o para la estructura.⁵⁶

4.3. Muros de sótano de fábrica sin armar

Se comprobarán según los criterios del Anexo E del Eurocódigo 6, Parte 1-1 "Método empírico para calcular muros de sótano con empuje de terreno".

En el cálculo no se considera la posible fisuración del intradós del muro. Es posible que a 1/3 de la altura del muro pudieran presentarse sollicitaciones de tracción mayores que la resistencia en el contacto pieza-mortero. En tal caso, podría aparecer una fisura horizontal que no entrañaría riesgo, pero que sería molesta si el acabado interior del muro es un enyesado. Para evitar su presencia, es aconsejable la disposición de un tabique de trasdosado.

En cualquier caso, se recomienda para este uso la ejecución de muros de bloque Termoarcilla® de 29 cm, con el fin de aproximar las cargas al núcleo central y reducir las tracciones.

⁵⁶ Esta alternativa puede ser especialmente indicada cuando se prevean deformaciones importantes. En caso de utilizarse, se deberá diseñar y calcular el cerramiento de acuerdo con la solución adoptada.

5. Criterios de ejecución

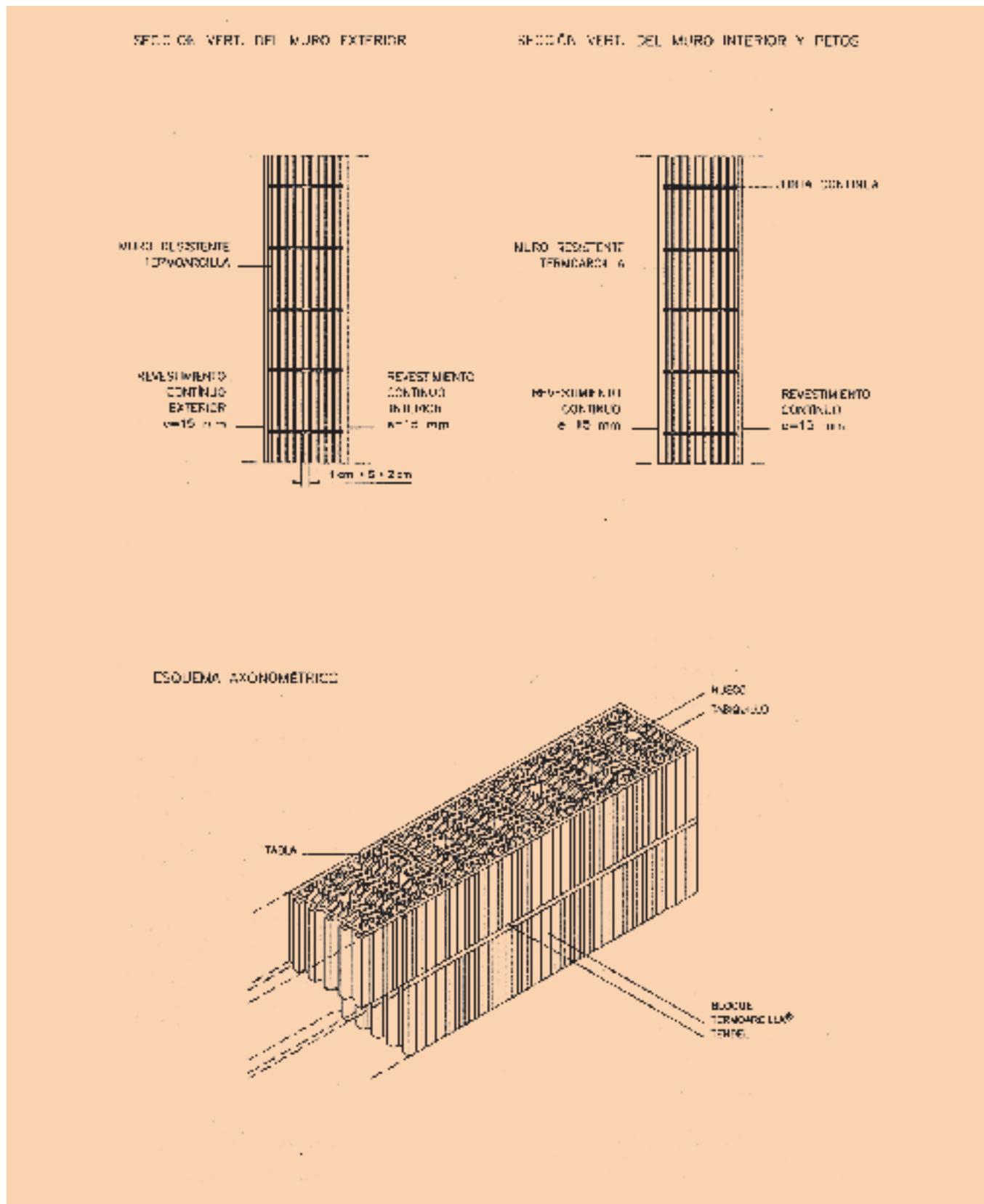


Figura 47: Secciones de los muros.

Se recomienda la aplicación del Eurocódigo 6, Partes 1-1 y 2, excepto en aquellos aspectos específicos o más restrictivos definidos en este documento para la fábrica de bloque Termoarcilla®.

5.1. Colocación de los bloques

La colocación de los bloques es un aspecto relevante, con diferencias significativas con respecto a la obra de fábrica de ladrillo. Por este motivo, se establecen las siguientes recomendaciones:

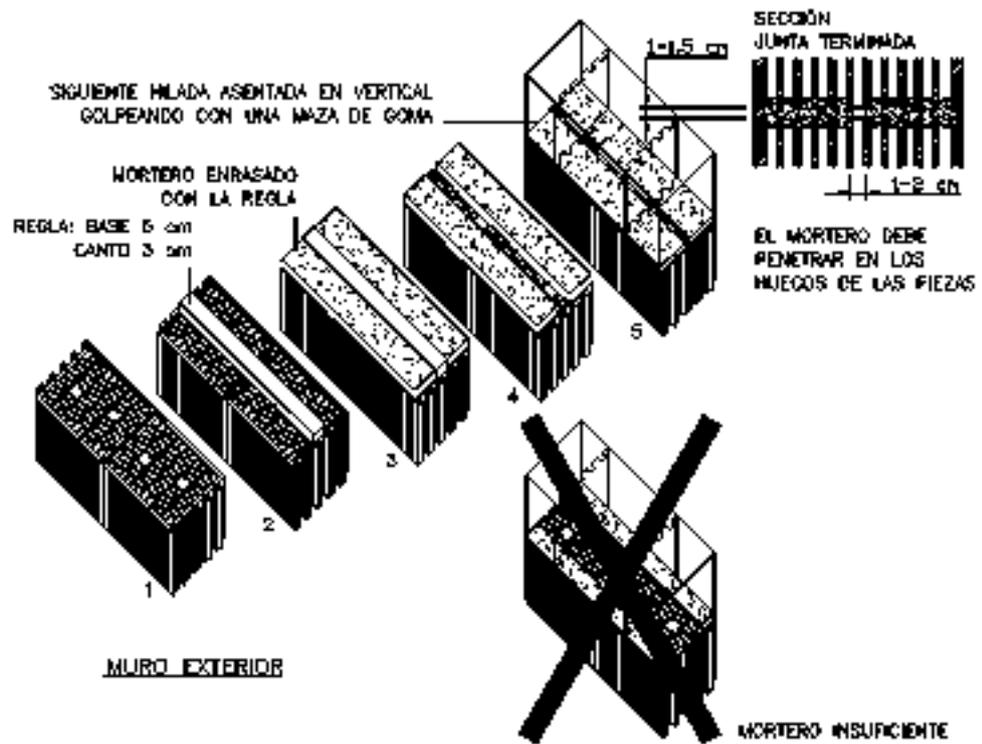
- Los bloques se humedecerán antes de su colocación para evitar la deshidratación del mortero, salvo indicación expresa del fabricante en bloques de baja succión (succión $\equiv 0,10 \text{ g/cm}^2 \cdot \text{min}$).
- Los bloques se colocarán sin mortero en la junta vertical, **haciendo tope entre los machihembrados.**
- **El encaje vertical de las piezas deberá ser el adecuado, según los criterios especificados en el punto c del apartado 5.2.** Cuando esto no sea posible a causa de la geometría de alguna pieza, dicha pieza no deberá ser colocada y será sustituida por otra. Tampoco se colocarán piezas rotas o piezas con fisuras por encima de lo especificado en el punto b del apartado 5.2.
- **La distancia entre las juntas verticales de dos hiladas consecutivas será como mínimo de 7 cm,** para conseguir un trabado adecuado de la fábrica tanto en muros portantes como en cerramientos.
- La junta horizontal:
 - a. **En cerramientos o muros exteriores,** la junta horizontal se realizará **interrumpida** extendiendo el mortero en dos bandas continuas, separadas 1 ó 2 cm como máximo, salvo la primera junta sobre cada forjado, que se ejecutará continua. Para conseguir esta separación y el espesor adecuado, puede utilizarse una regla de 30 x 50 mm de sección, asentada por su cara mayor en el centro de la hilada.

En cerramientos o muros exteriores en los que sea necesaria la mejora de prestaciones mecánicas (resistencia característica a compresión de la fábrica) o acústicas (aislamiento al ruido aéreo), **se puede considerar su ejecución con junta continua, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y de exposición de cada fachada.**

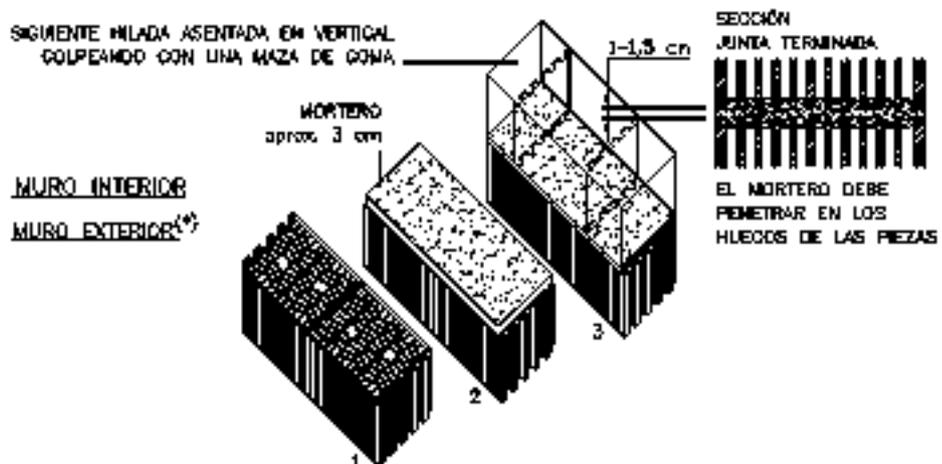
Para ambos tipos de junta, continua o interrumpida, en el caso de muros exteriores en condiciones desfavorables (por ejemplo, en fachadas orientadas a norte en zonas frías) deberá prestarse especial atención a las condiciones de uso y a las condiciones del ambiente interior, con el fin de evitar riesgos de condensaciones intersticiales.

En caso de que se trasdese el muro o cerramiento exterior, la junta horizontal podrá ser continua.

MURO EXTERIOR



MURO INTERIOR, EXTERIOR(*) Y PETOS



(*) Ver bases indicados en texto

Figura 48: Ejecución de los tendeles

- b. En **muros interiores**, la junta horizontal se realizará **continua**.
- Para la ejecución de ambos tipos de junta, interrumpida o continua, es importante la colocación de un espesor suficiente de mortero, unos 3 cm, de forma que, una vez asentada correctamente la pieza, el espesor resultante esté comprendido entre 1 y 1,5 cm.
 - Una vez colocado el mortero, los bloques se asentarán verticalmente, golpeándolos con una maza de goma. Nunca se asentarán a restregón.
 - En muros y cerramientos exteriores es recomendable colocar siempre el canto del bloque con estriado profundo en la cara exterior.
 - No se corregirá la alineación de las piezas una vez que el mortero de las juntas haya perdido su plasticidad.
 - Se utilizarán piezas complementarias y piezas cortadas para la resolución de los puntos singulares, de acuerdo con lo indicado en el apartado 3.2.
 - Cuando sea necesario utilizar piezas cortadas, se hará siguiendo las recomendaciones del apartado 5.10 “Corte de los bloques”.
 - La junta vertical de piezas base con piezas cortadas se realizará mediante cordones de mortero. Véase el apartado 5.9 “Ajuste dimensional”.
 - Se utilizará un mortero adecuado a las características del bloque y al uso al que está destinado, según las indicaciones del fabricante o, en su defecto, del Consorcio Termoarcilla®. Véase el apartado 2.3 “Morteros para tendeles”.
 - De cada 100 bloques colocados, deberá retirarse uno para comprobar la correcta ejecución de la junta horizontal.
 - Con el fin de asegurar que los esfuerzos originados por la retracción del hormigón no provoquen fisuración horizontal en el muro, se considerarán los siguientes criterios:
 - Cuando el forjado requiera un apuntalamiento, es importante que se traslade el mínimo de cargas a los muros portantes.
 - Si el forjado utilizado no precisa apuntalamiento, será conveniente dejar endurecer el muro antes de someterlo a carga, un tiempo mínimo que dependerá del tipo de mortero y de las condiciones ambientales (aproximadamente una semana, a temperaturas de entre 15º y 20º C).
 - En los cerramientos exteriores, se recomienda comenzar su ejecución por la planta superior del edificio, de forma que cuando se realice el cerramiento de cada planta ya se haya producido la deformación del forjado superior. Si esto no es posible, se recomienda ejecutar el cerramiento por plantas alternas.

5.2. Bloques y piezas complementarias utilizados en obra

a. Procedencia.

- Todos los bloques y piezas complementarias que se utilicen en una obra procederán de un mismo fabricante.
- Si las soluciones propuestas tuvieran que ejecutarse con piezas fabricadas por diferentes empresas del Consorcio Termoarcilla® que disponen del DAU, es necesario evaluar la compatibilidad entre las piezas a utilizar (características geométricas, mecánicas y físicas).

b. Fisuración y rotura de piezas.

• Definiciones consideradas:

- Fisura: es la hendidura más o menos irregular que afecta al total del espesor de una pared o tabique de un bloque.
- Pieza fisurada: es aquella que tiene una o más fisuras en alguna de las paredes exteriores o de los tabiques interiores, con una longitud superior al 20 % de la dimensión afectada (longitud, anchura o altura).
- Niveles de aspecto:

Nivel I: sobre una muestra de 6 piezas existe como máximo una pieza fisurada.

Nivel II: sobre una muestra de 6 piezas, existe como máximo un total de 3 piezas fisuradas, de las cuales sólo una puede presentar fisuras en las paredes exteriores.

- En el DAU cada fabricante declarará el Nivel de aspecto de sus piezas.
- Para uso en muros portantes, si las piezas recibidas en obra quedan por debajo de los niveles de aspecto especificados⁵⁷, deberán ser reemplazadas por otras que los cumplan. En ningún caso deberán colocarse piezas fisuradas que presenten hendiduras con una abertura igual o superior a 1 mm.
- No se colocarán piezas que lleguen rotas a la obra (si es posible, se utilizarán para obtener piezas cortadas).

⁵⁷ Proporción de piezas fisuradas por palet superior al Nivel de aspecto declarado.

c. Encaje y alineación de las piezas.

- Criterios generales:

No se colocarán piezas base o piezas complementarias que no encajen, es decir, que por razones geométricas los machos no puedan entrar en las hembras.

No se colocarán piezas en las que, al ejecutar la unión, alineándola con el plano de fachada, la junta vertical no quede cerrada por alguno de sus dos extremos, ya sea por el extremo o bien por el lateral de los machihembrados.

En caso de existir desniveles superiores a 5 mm entre los cantos de los bloques una vez colocados, será necesario regularizar la superficie de la fábrica con mortero, previamente a la ejecución del revestimiento.

- Criterios específicos:

Según lo establecido en el documento Ensayos DAU 004 *Ensayo de encaje y alineación de piezas de fábrica machihembradas. Bloque cerámico de arcilla aligerada*, las piezas deberán cumplir las siguientes condiciones, comprobadas en laboratorio según las especificaciones de ensayo indicadas en dicho documento:

CARACTERÍSTICA	VALOR LÍMITE	OBSERVACIONES
Ortogonalidad de la pieza	$d_a < 2\%$	$d_a = S / L \cdot 100$ d_a : tangente de la desviación angular S: separación de la pieza con respecto a la escuadra L: longitud de la pieza
Ajuste	$S_{ext} \leq 2 \text{ mm}$ $S_{cen} \leq 5 \text{ mm}$	S_{ext} : separación mínima en uno de los dos machihembrados extremos por cada cara (por el extremo del machihembrado o bien lateralmente) S_{cen} : separación máxima de los machihembrados centrales
Desnivel entre tablas	$d_t \leq 4 \text{ mm}$	d_t : desnivel entre tablas de piezas encajadas
Desnivel entre cantos	$d_{ext} \leq 5 \text{ mm}$ $d_{int} \leq 5 \text{ mm}$	d_{ext} : desnivel entre cantos exteriores d_{int} : desnivel entre cantos interiores

Tabla 4: Condiciones que se deben cumplir en el ensayo de encaje y alineación.

5.3. Uso de otros materiales cerámicos

- No se utilizarán otros materiales cerámicos diferentes de Termoarcilla® para la resolución del muro o del cerramiento en cualquiera de sus puntos, salvo para aquellos casos en los que se indique lo contrario en este documento. Véase el apartado 3.1.1.3.

5.4. Colocación de miras y plomos

- Tanto en los muros de carga como en los cerramientos, se fijarán miras aplomadas con todas sus caras escuadradas, a distancias no superiores a 4 metros y, siempre, en cada esquina, hueco, quiebro o junta de movimiento.
- En las miras se marcará la modulación vertical, así como los niveles de los antepechos y de los dinteles de los huecos.
- Antes de ejecutar una hilada, se situará un hilo tenso entre las marcas correspondientes a la arista superior, que servirá de referencia para su correcta ejecución.
- En los muros de cerramiento, se definirá el plano de fachada tomando como referencia el forjado de mayor vuelo. Se colocarán plomos que bajarán desde la última planta hasta la primera, con marcas en cada uno de los pisos intermedios. Se dejarán referencias para que en cualquier momento pueda reconstruirse el plano así definido.

5.5. Replanteo de los bloques

5.5.1 Replanteo horizontal

Dado que no existen juntas de mortero verticales, y que pueden existir diferencias en la longitud de los bloques debido a tolerancias dimensionales de las piezas y/o variaciones en el encaje entre ellas, las distintas hiladas pueden requerir diferentes piezas para su solución. Por este motivo, el replanteo de la fábrica se reduce a la colocación de miras y plomos.

5.5.2 Replanteo vertical

- Se tomará el punto más alto del forjado o cimentación como referencia de nivel, y se dispondrá el espesor de mortero necesario bajo la primera hilada para compensar las deficiencias de nivelación.
- Se marcará la modulación vertical indicando el nivel del forjado, así como los de antepecho y dintel de huecos.

- Se ajustará la modulación variando el espesor de la junta de mortero (entre 1 y 1,5 cm) y utilizando piezas de ajuste vertical o piezas base cortadas con los medios adecuados (véase el apartado 5.10).
- En general, queda prohibido el empleo de ladrillos tradicionales (perforados o huecos) para ajustar la altura del muro. No obstante, podrá utilizarse ladrillo perforado con resistencia a compresión igual o superior a la del bloque Termoarcilla®, colocado en aquellos tramos de muro situados en zonas no habitables (como sótanos o espacios bajo cubierta).

5.6. Principios y criterios básicos para ejecutar la fábrica

5.6.1 Principios básicos

1. Mantener la traba, consiguiendo que la distancia entre juntas verticales de hiladas consecutivas sea mayor o igual a 7 cm (véase el apartado 5.1 “Colocación de los bloques”).
2. Utilizar piezas complementarias en puntos singulares (esquinas, jambas de huecos, juntas de movimiento, encuentros de muros en T y otros puntos indicados en el apartado 3.2).
3. Utilizar el menor número posible de piezas cortadas, para ajustar la longitud del muro a la definida en proyecto.
4. Colocar los bloques a tope, mediante el machihembrado de las testas.

5.6.2 Criterios básicos

En función de los medios disponibles (colocadores y elementos de andamiaje), la ejecución de la fábrica podrá realizarse en todo el perímetro o extensión del edificio, por fachadas o por tramos.

Siempre que por necesidades de organización de la obra sea necesario interrumpir la fábrica en un tramo, en lugar de hacerlo en un final de muro (por ejemplo: en una jamba o en una junta de movimiento), se dejará la fábrica escalonada, ya que, a diferencia de la fábrica tradicional, no es posible dejar adarajas y endejas (entrantes y salientes).

Si se construyen los muros por tramos o fachadas, en las esquinas y en los encuentros entre muros los tramos adyacentes se dejarán escalonados, preparados para su ejecución posterior. En este caso, se recomienda no realizar más de 5 ó 6 hiladas.

Una vez colocadas las miras, marcados los puntos de referencia y colocado el correspondiente cordel, cada hilada se ejecutará siguiendo los siguientes pasos:

1. Colocar las piezas complementarias que definen los extremos del tramo de muro a ejecutar (esquina, terminación o medias).
2. Colocar las piezas correspondientes a los puntos singulares previstos en el tramo de muro a ejecutar (huecos, juntas de movimiento, encuentros entre muros, encuentros con pilares, etc.).
3. Colocar los bloques rellenando los espacios entre las piezas indicadas en 1) y 2), teniendo en cuenta los siguientes aspectos:
 - Se comprobará en todo momento la separación entre juntas verticales de hiladas consecutivas.
 - Si en algún punto la separación entre juntas verticales de hiladas consecutivas es inferior a 7 cm, se colocarán piezas de modulación, piezas cortadas y/o dos cordones de mortero, para recuperar la traba en el menor espacio posible.

Debe tenerse en cuenta que la introducción de piezas con soga menor de 30 cm (pieza cortada o de modulación) en el entramado de un muro, puede llevar en la hilada superior a la pérdida de los 7 cm de separación mínima entre juntas verticales.

- Siempre que sea posible, debe evitarse la pérdida de traba entre hiladas de una misma vertical de una zona de la fábrica.

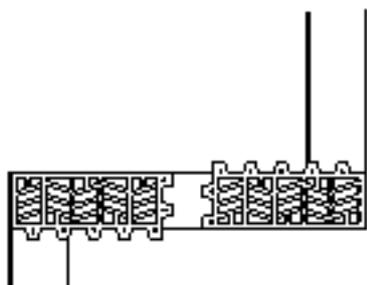
Para evitarlo, en particular donde sea preciso cortar piezas o utilizar piezas de modulación, el ajuste se trasladará horizontalmente en las hiladas sucesivas.

También es una solución válida, aunque no necesaria en todos los casos, el empleo de armadura en el tendel en aquellos casos en los que se produzca una pérdida de traba en la misma vertical.

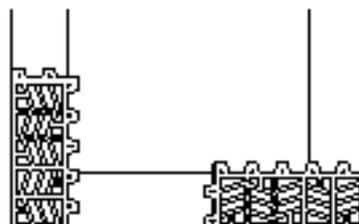
- En caso de utilizar piezas cortadas o de necesitar un ajuste dimensional muy pequeño, se utilizará una junta de mortero vertical según las condiciones del apartado 5.9.
- No es recomendable utilizar más de 2 juntas verticales de mortero por hilada y por tramo de fábrica.

Es interesante recalcar las ventajas de las piezas de modulación frente a las piezas cortadas, sobre todo cuando su uso es para recuperar la traba, puesto que estas piezas no requieren el empleo de junta vertical de mortero, reducen el corte de piezas y mejoran los rendimientos en obra.

HILADA PAR

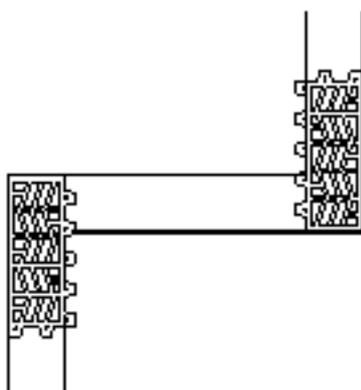


ESQUINAS EN Z

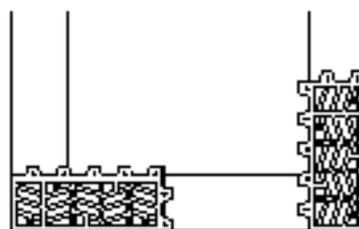


ESQUINAS EN U

HILADA IMPAR



ESQUINAS EN Z



ESQUINAS EN U

Figura 49: Ejecución de las esquinas. Replanteo con piezas de esquina.

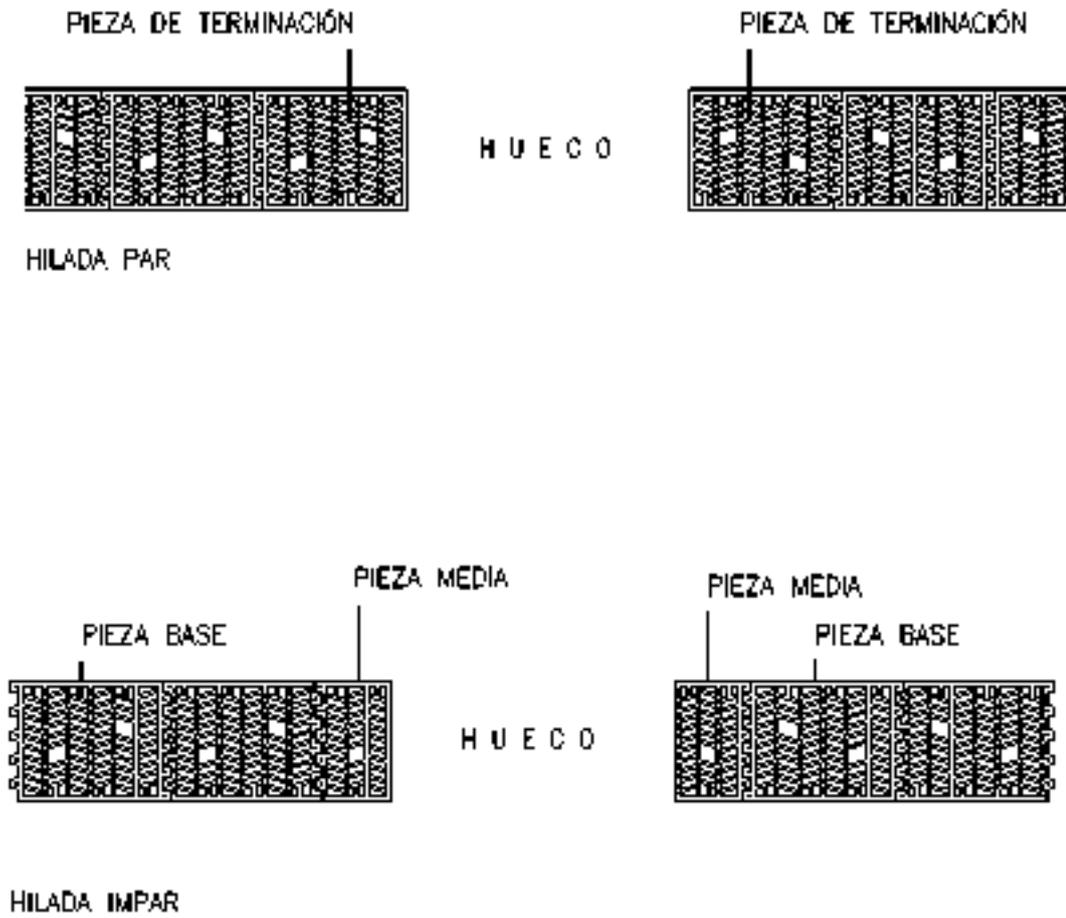


Figura 50: Ejecución de las jambas.

5.7. Tolerancias de la fábrica y control de la ejecución

Para los aspectos no definidos en este documento, podrá tomarse como referencia el Eurocódigo 6, Partes 1-1 y 2.

5.8. Desplomes admisibles de las caras de los forjados en el caso de cerramientos

Los desplomes máximos admisibles de las caras de los forjados serán los mismos que para la fábrica tradicional. Se aplicarán los valores que considera la NBE FL-90 para muros:

- Desplome: 10 mm en la altura de cada piso y 30 mm en la altura total del edificio (en caso de edificios de dos plantas, no deberá ser superior a 20 mm).

Si en algún caso estos valores superan los máximos aceptables, para absorber la diferencia podrán colocarse perfiles fijados en las caras de los forjados, siempre y cuando la obra no esté situada en climas marítimos o en zonas industriales con ambientes agresivos (véase el apartado 3.2.15.2).

5.9. Ajuste dimensional

- Cuando sea necesario ajustar la longitud de la hilada de bloques a la del muro o cerramiento, en sentido horizontal, se utilizarán o bien piezas de modulación o bien piezas cortadas.
- En caso de utilizar piezas cortadas, la junta vertical se resolverá con dos bandas de mortero, de ancho: $6 \text{ cm} \leq \text{ancho} \leq 1/3 \text{ ancho del bloque}$, con el objeto de transmitir correctamente los esfuerzos horizontales en el plano del muro.

El espacio central que queda hueco entre las bandas de mortero podrá rellenarse con un material aislante, del tipo del poliestireno expandido o la lana de vidrio. De esta forma, se mejorará el comportamiento térmico del muro y se evitará el macizado de la junta vertical de mortero.

La junta vertical tendrá una separación máxima de 2 cm desde el extremo de los machihembrados. Si la holgura existente es superior, deberá distribuirse entre varias juntas verticales. Esta junta también podrá utilizarse, de forma limitada (un máximo de 2 juntas por tramo), para realizar ajustes menores o iguales a 2 cm. En el caso de muros curvos, podrá utilizarse con los criterios indicados en el apartado 3.2.11.

- **En ningún caso se realizarán ajustes horizontales abriendo las juntas verticales, colocando rellenos de mortero** (solo juntas de mortero como las indicadas en el punto anterior) **o utilizando materiales cerámicos diferentes a la Termoarcilla®.**

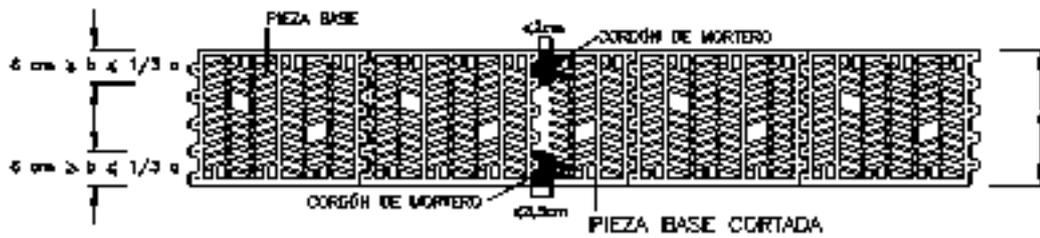
JUNTAS VERTICALES CON PIEZAS DE AJUSTE



JUNTAS VERTICALES CORTANDO PIEZAS

MURO EXTERIOR

JUNTA VERTICAL DE MORTERO
DISCONTINUA EN DOS BANDAS



MURO INTERIOR

JUNTA VERTICAL DE MORTERO CONTINUA

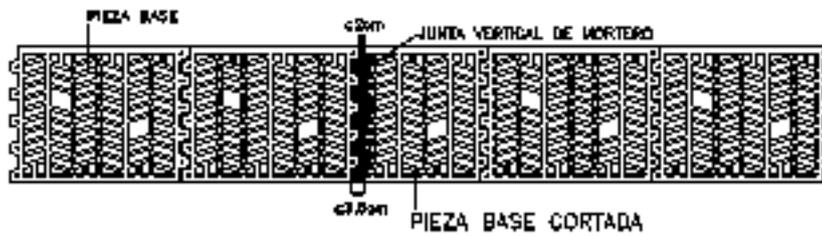


Figura 51: Tratamiento de juntas verticales cuando no es posible colocar las piezas a tope.

- Cuando sea necesario ajustar la modulación en sentido vertical, podrá realizarse utilizando piezas de ajuste vertical y/o variando el espesor de las juntas horizontales entre 1 y 1,5 cm. **No se utilizarán piezas de otros materiales cerámicos diferentes a la Termoarcilla®**, salvo en aquellos casos indicados en el cuarto punto del apartado 5.5.2 “Replanteo vertical”.

No obstante, podrá utilizarse ladrillo perforado con resistencia a compresión igual o superior a la del bloque Termoarcilla®, colocado en aquellos tramos de muro situados en zonas no habitables (como sótanos o espacios bajo cubierta).

- En el caso de cerramientos exteriores, se recomienda utilizar la pieza de ajuste vertical para ejecutar la última hilada debajo de cada forjado.
- Las piezas de ajuste vertical pueden obtenerse por corte en obra, siempre con los medios adecuados (véase el apartado 5.10).

5.10. Corte de los bloques

Los bloques se cortarán en obra con una cortadora de mesa con disco de diámetro adecuado.

No se cortarán bloques con medios manuales.

Si no se dispone de mesa de corte, deberán cortarse las piezas con radial. En este caso, las piezas de ajuste vertical deberán ser suministradas por el fabricante.

Características de la cortadora de mesa con disco vertical:

- Longitud de corte: 600 mm
- Profundidad de corte: mínimo de 200 mm
- Diámetro de disco: mínimo de 550 mm

5.11. Prevención de retracciones excesivas en el hormigón de los forjados

Con el fin de evitar la aparición de fisuras horizontales por una retracción excesiva de los forjados, es necesario vigilar los siguientes parámetros:

- Relación agua/cemento (las relaciones elevadas producen retracciones excesivas).
- Granulometría (las granulometrías finas aumentan la retracción).
- Tipo de cemento utilizado.
- Curado (es importante curar adecuadamente el hormigón).

Este problema se acentúa en las esquinas, por lo que se recomienda disponer de muros de espesor suficiente en los testeros de los edificios.

Es recomendable evitar el hormigonado de tramos largos. Si es necesario, se hormigonará por tramos alternativos (dejando transcurrir un tiempo mínimo suficiente entre tramos contiguos) o independizando los tramos mediante juntas de movimiento.

5.12. Rozas y rebajes

Según el Eurocódigo 6, Parte 1-1:

- Las rozas y rebajes no afectarán a la estabilidad del muro.
- No se realizarán rozas y rebajes cuando su profundidad sea mayor que la mitad del espesor de la pared, a menos que se compruebe por cálculo la resistencia del muro.

Los rebajes tendrán en cuenta la minoración del aislamiento térmico.

5.12.1 Muros portantes

En muros portantes sería recomendable no realizar rozas. Si se realizan, deben cumplirse los criterios del Eurocódigo 6, Parte 1-1.

A continuación se incluyen los aspectos más relevantes indicados en el Eurocódigo 6, Parte 1-1, adaptados a los espesores del bloque. La reducción de resistencia del muro por rozas verticales o rebajes puede despreciarse si se mantienen las limitaciones de las tablas siguientes. En caso contrario, se comprobará por cálculo la resistencia del muro.

Espesor del Bloque (cm)	Rozas realizadas tras la ejecución de la fábrica	
	Profundidad máxima (cm)	Ancho máximo (cm)
29	3	17,5
24	3	17,5
19	3	15
14	3	12,5

Tabla 5: Dimensiones de rozas verticales, admisibles sin cálculo.

Espesor del Bloque (cm)	Rebajes realizados durante la ejecución de la fábrica	
	Ancho máximo (cm)	Espesor residual mínimo del muro (cm)
29	30	17,5
24	30	17,5
19	30	14
14	30	9

Tabla 6: Dimensiones de rebajes verticales, admisibles sin cálculo.

Observaciones:

- La separación horizontal entre rozas adyacentes, o entre una roza y un rebaje o hueco, no será menor que 22,5 cm.
- La suma de los anchos de las rozas y rebajes verticales no será mayor que 0,13 veces la longitud del muro, es decir, **por cada 2 m de longitud de muro será como máximo de 26 cm** (en muros de menos de 2 m de longitud, el ancho total se reducirá proporcionalmente).
- Se evitarán las rozas horizontales e inclinadas. Cuando esto no sea posible, se realizarán dentro del octavo de la altura libre del muro, sobre o bajo el forjado. Su profundidad total, incluyendo la de cualquier hueco por el que pase la roza, será menor que la mayor dimensión dada en la tabla siguiente. Si se sobrepasan estas limitaciones, se comprobará por cálculo la resistencia del muro.

Espesor del Bloque (cm)	Profundidad máxima (cm)	
	Longitud ilimitada	Longitud ≤ 125 cm
29	1,5	2,5
24	1,5	2,5
19	1	2
14	0	1,5

Tabla 7: Dimensiones de las rozas horizontales e inclinadas, admisibles sin cálculo.

Observaciones:

- La separación horizontal entre el extremo de una roza y un hueco no será menor que 50 cm.
- La separación horizontal entre rozas adyacentes de longitud limitada, ya estén en la misma cara o en caras opuestas, no será menor que dos veces la longitud de la roza más larga.

Rozas en zonas sísmicas

Según la norma NCSE-94, si se realizan rozas verticales en los muros de carga en zonas con $a_c/g \geq 0,06$ ⁵⁸, deberán estar separadas entre sí al menos 2 m y su profundidad no será superior a la quinta parte del espesor del muro, siempre que se ajuste a la profundidad máxima indicada en el Eurocódigo 6, Parte 1-1.

5.12.2 Cerramientos

Se aplicarán los criterios indicados en el Eurocódigo 6, Parte 1-1 (véase el apartado anterior).

También deberá tenerse en cuenta la minoración del aislamiento térmico, en el caso de rebajes.

⁵⁸ Se entiende por a_c la aceleración sísmica de cálculo y por g la aceleración de la gravedad.

5.13. Otros aspectos relativos a la ejecución de la fábrica

- Protección de las fábricas durante su construcción:
 - De la lluvia:
Se cubrirá con plásticos, y se evitará el lavado de los morteros, la erosión de juntas y la acumulación de agua en el interior del muro.
 - Del hielo:
Se inspeccionará la fábrica al comienzo de la jornada, en época de heladas.
Se evitará ejecutar fábricas durante periodos con heladas.
Se protegerá la fábrica con mantas de aislante térmico o plásticos, si hiela al comenzar la jornada o durante el transcurso de la misma.
 - Del calor:
Se mantendrá húmeda la fábrica, para evitar una rápida evaporación del agua del mortero.
- Interrupciones de las fábricas cuando se levantan muros en épocas distintas: debe dejarse escalonado en su extremo el muro que se ejecuta primero (no dejar adarajas ni endejas).
- Se arriostrarán los muros durante su construcción, para evitar vuelcos debidos a acciones horizontales imprevistas (vientos, etc.).
- No se ejecutará una altura excesiva en una jornada, para evitar el aplastamiento del mortero (no exceder una planta ni 3 m).

5.14. Revestimientos exteriores

La impermeabilidad al agua del muro de Termoarcilla® se consigue con el revestimiento exterior. Su correcta ejecución, por tanto, es de suma importancia.

Las condiciones de puesta en obra o de aplicación de los revestimientos considerados serán:

- En el caso de un mortero monocapa, las indicadas en el DIT o DAU correspondiente.
- En el caso de un mortero monocapa de cal y cemento, las indicadas por el fabricante.
- En el caso de enfoscado, las indicadas en la NTE-RPE-1974 *Revestimiento de paramentos. Enfoscados*, que se confirmarán con el fabricante de la pintura aplicada.
- En el caso de pintura, las instrucciones del fabricante.

En los morteros monocapa, previamente se colocará una capa fina de raseo con el mismo mortero, excepto cuando la aplicación del monocapa se realice con máquina de proyectar (según la recomendación de ANFAPA). Si en la fábrica existen desniveles iguales o superiores a 5 mm, será necesario regularizar la superficie de la fábrica con mortero, antes de aplicar el monocapa.

En dichos morteros, así como en los enfoscados considerados (para los que también es recomendable), se utilizarán mallas de refuerzo en aquellos puntos en los que se produzca una concentración de tensiones que pueda fisurar el revestimiento:

- Cambios de sección del muro o cerramiento.
- Zonas con posibles tracciones próximas a las juntas de movimiento horizontales.
- Ángulos superiores en aberturas o huecos.
- Encuentro con pilares en los cerramientos.
- Muros curvos.
- Zonas donde haya sido necesario regularizar con mortero la testa de los bloques, en particular en el caso de piezas cortadas.

5.15. Armaduras en los tendeles

En aquellos puntos en los que sea necesaria la colocación de armaduras en los tendeles, se tendrá en cuenta lo siguiente, según el apartado 5.2.2.4 del Eurocódigo 6, Parte 1-1:

- El espesor mínimo del recubrimiento de mortero desde la armadura hasta la cara de la fábrica será de 15 mm.
- El recubrimiento de mortero, por encima y por debajo de la armadura del tendel, no será inferior a 2 mm.
- La armadura se dispondrá de modo que el recubrimiento se mantenga en toda su longitud.

Los extremos cortados de toda barra, excepto si es de acero inoxidable, tendrán un recubrimiento mínimo igual al establecido para el acero al carbono sin protección, en la situación de exposición considerada (Eurocódigo 6, Parte 1-1, tabla 5.2), a menos que se empleen otros medios de protección.

5.16. Requisitos de las empresas ejecutoras o aplicadoras

5.16.1 Colocación de bloques Termoarcilla®

Se recomienda que intervengan albañiles con conocimientos suficientes para la correcta colocación del bloque Termoarcilla®, para lo cual el fabricante que suministre los bloques realizará la oportuna formación del personal de la obra, siempre que sea necesario.

5.16.2 Aplicación del revestimiento monocapa de cemento

Se recomienda que intervengan empresas autorizadas por el fabricante del monocapa y, por tanto, bajo su control y asistencia técnica.

5.16.3 Aplicación del revestimiento monocapa de cal y cemento

Se recomienda que intervengan albañiles o colocadores de monocapa con conocimientos suficientes para realizar la aplicación, así como de las demás condiciones que se establezcan en el certificado de calidad o en el documento de idoneidad de que disponga el mortero monocapa.

5.16.4 Aplicación de la pintura

Se recomienda que intervenga personal cualificado para la aplicación de la pintura.

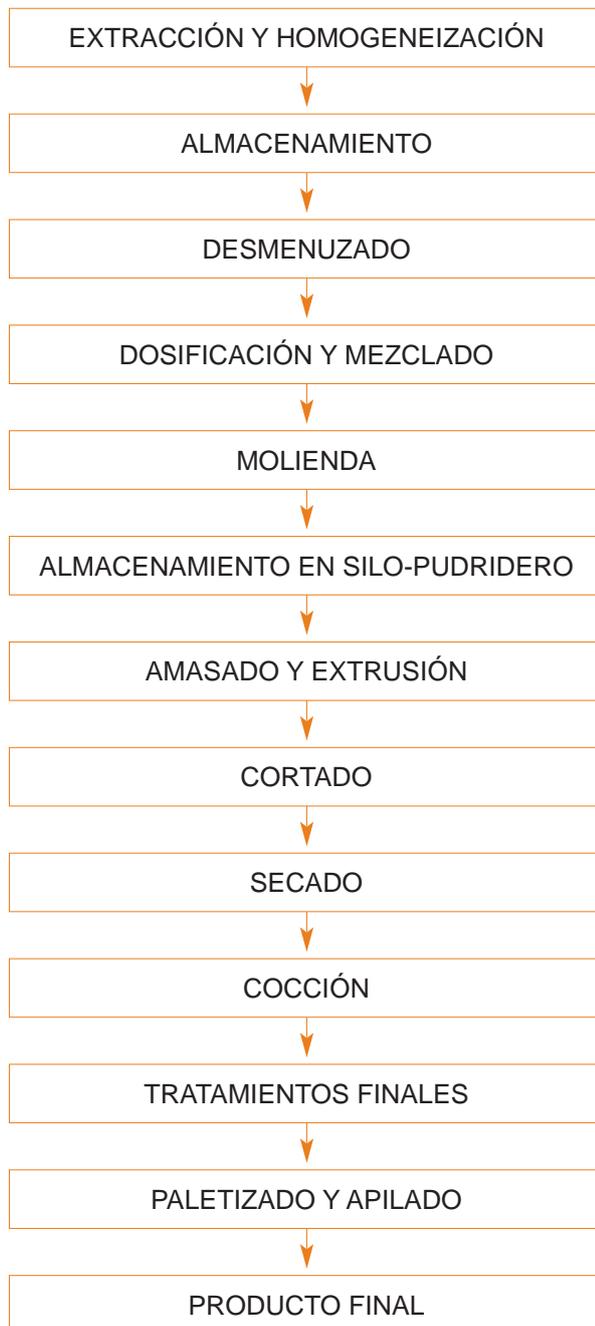
5.16.5 Colocación de anclajes metálicos para la fijación de perfiles metálicos en el encuentro con el forjado

Se recomienda que intervenga personal cualificado para la colocación de estos anclajes.

6. Proceso de producción del bloque Termoarcilla®

El proceso de fabricación del bloque Termoarcilla es similar al de cualquier pieza de arcilla cocida para construcción (ladrillo, teja, bovedilla, etc), exceptuando la adición de materias varias que desaparecen durante la cocción y producen una porosidad añadida en la pieza.

El proceso productivo abarca las siguientes fases:



6.1. Extracción y homogeneización

La calidad de un producto cerámico depende del grado de preparación de las arcillas utilizadas en su elaboración. La irregularidad en la composición de la materia prima es una de las causas más frecuentes de aparición de defectos en el producto acabado.

Dada la heterogeneidad que pueden presentar algunos yacimientos, con posibles diferencias entre los distintos frentes de la cantera y sus estratos, puede ser necesario la formación de lechos de homogeneización y envejecimiento de la arcilla.

La homogeneización se logra depositando el material en capas horizontales de 50 a 75 cm como máximo. La altura de los lechos puede oscilar entre los 5 y 8 m, con una anchura variable de 5 a 25 m.

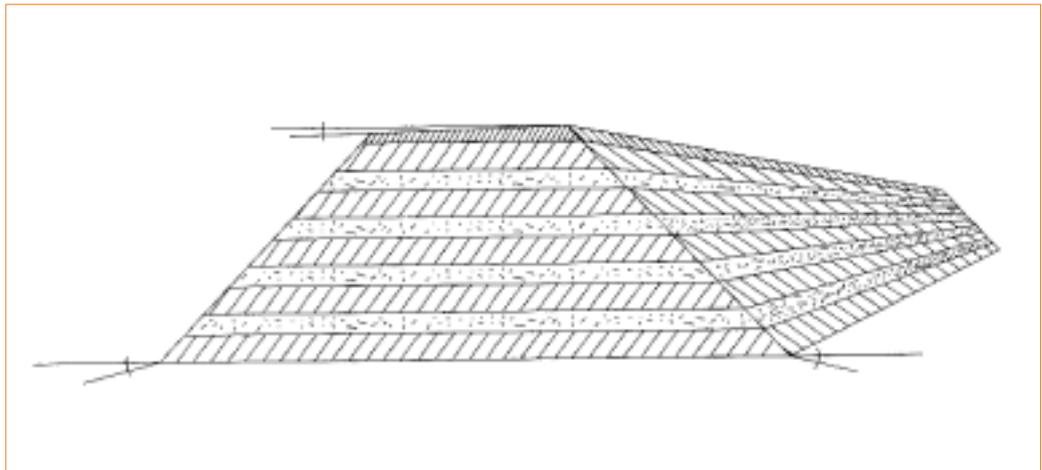


Figura 52: Lecho de homogeneización o envejecimiento

Los objetivos que se tratan de obtener con los lechos de homogeneización son:

- a) Homogeneizar la arcilla y compensar las variaciones que puede presentar la materia prima en cantera, asegurando un suministro a planta de características constantes, especialmente en lo referente a plasticidad y contenido de humedad.
- b) Iniciar el proceso de envejecimiento y maduración de la arcilla que luego continuará en el interior de la planta, y aprovechar la acción física y mecánica de la intemperie (lluvia, hielo, sol, viento,...) para disgregar los grandes trozos de arcilla recién arrancados facilitando el trabajo de la maquinaria de preparación.
- c) Disponer de una reserva a pie de planta, tanto más necesaria cuanto mayor volumen de producción tenga la fábrica.

Si el terreno sobre el cual se asienta el lecho de homogenización no es de la misma composición que la arcilla y contiene inclusiones nocivas, como carbonato de calcio, susceptibles de producir desconchamientos en el producto cocido, será necesario proceder a su vaciado hasta una profundidad de unos 50 cm como mínimo y rellenarlo con arcilla apisonada.

El terreno de asiento del lecho debe presentar una pendiente de un 2 ó 3% para permitir la evacuación del agua de lluvia. También debe aplicarse la misma pendiente a la capa superficial de recubrimiento del lecho y realizarse con la arcilla más plástica. Estas precauciones no son necesarias si el lecho se construye bajo cubierta.

La extracción de la arcilla del lecho de homogeneización se realiza atacando transversalmente a los estratos con la pala cargadora y mezclando las diferentes capas. De esta forma se abre un frente vertical que permite recoger en cada palada parte de cada capa.

6.2. Almacenamiento

El proceso de envejecimiento de las arcillas se realiza en el lecho de homogeneización cuando la producción se realiza por vía húmeda.

El objetivo a conseguir con el envejecimiento de las arcillas en los lechos es aumentar la plasticidad de las mismas, ya que esto provoca una mejor resistencia en seco, mediante la disgregación y el esponjamiento de los terrones de arcilla. Este aumento de plasticidad se consigue gracias a la unión entre las partículas de agua y arcilla produciéndose un aumento de cohesión.

En el caso de la producción por vía seca (las arcillas entran en el proceso de molienda seca) el envejecimiento se realiza en el pudridero, de donde la materia debe salir con una cantidad de agua próxima a la que se empleará en el posterior amasado y moldeo.

Durante el envejecimiento se producen procesos de fermentación con la intervención de microorganismos, los cuales provocan determinadas reacciones que modificarán, entre otras propiedades, la plasticidad de los lechos arcillosos.

6.3. Desmenuzado

Es la etapa de molienda primaria de las materias primas del proceso de fabricación.

Según la dureza y humedad de la arcilla, se emplean machacadoras de mandíbulas, desmenuzadores, molinos lanzadores, etc.

Los desmenuzadores normalmente constan de dos cilindros rotatorios que giran en sentido inverso a distinta velocidad y van provistos de dientes que trabajan por aplastamiento o desgarre. De este modo se consigue una subdivisión tal de material que permite su posterior utilización, sin problemas en los dosificadores y en los molinos.

Algunos desmenuzadores van provistos de un tercer eje rompedor desplazado respecto a los dos ejes principales inferiores. Este eje empuja a la arcilla y rompe los grandes trozos que ocasionalmente puedan llegar, obligándolos a pasar a través de los cilindros inferiores y evitando así paradas inútiles por formación de puentes.



Figura 53: Desmenuzador

6.4. Dosificación y mezclado

Con la dosificación se persiguen los siguientes objetivos:

- a) Establecer una alimentación constante y regulada de la materia prima.
- b) Mezclar en cualquier proporción diferentes arcillas, desgrasantes y posibles aditivos. Para ello se emplean silos independientes con dosificadores o cajones alimentadores.
- c) Independizar el funcionamiento de las máquinas colocadas antes y después de los alimentadores, optimizando así el proceso de producción.



Figura 54: Alimentador lineal con silo de almacenaje

6.5. Molienda

El proceso de molienda de la arcilla consiste en la adecuación de la granulometría de la misma, tanto en distribución granulométrica como en tamaño máximo.

La calidad del producto cerámico depende en gran medida del grado de molturación de la materia prima.

Las máquinas se suelen instalar en una nave separada para evitar el ruido y el polvo que pueda originarse. Para el transporte de la materia prima de una máquina a otra se usan cintas transportadoras, realizándose el proceso de forma continua.

La molienda puede efectuarse por vía seca o por vía húmeda.

6.5.1. Vía seca

La molienda por vía seca es adecuada en arcillas duras y secas, al asegurarse la obtención de un porcentaje importante de partículas finas que se humectan con más facilidad, obteniéndose una masa muy homogénea y de mayor plasticidad. Esto se traduce en un mejor acabado y una mayor resistencia mecánica del producto.

También se recomienda la vía seca en arcillas con elevadas proporciones de carbonatos al conseguirse granulometrías más finas y evitando así la aparición de caliches.

En la molturación por vía seca se utilizan molinos de martillos o pendulares.

Con los molinos de martillos se obtienen granulometrías más gruesas y es necesario el tamizado posterior para eliminar los defectos producidos por ciertas impurezas. En cambio con los molinos pendulares se consigue una granulometría más fina sin necesidad de tamizado posterior.

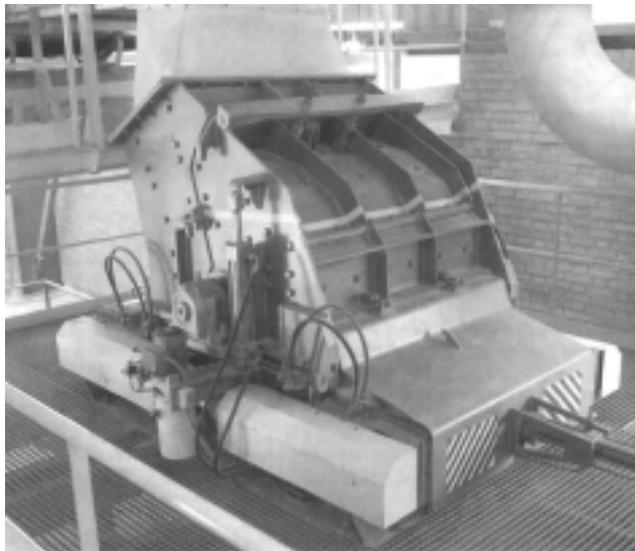


Figura 55: Molino de martillos



Figura 56: Molino pendular

6.5.2. Vía húmeda

La molienda por vía húmeda, es más adecuada para arcillas con elevada plasticidad y, por tanto, más difíciles de secar.

Se utilizan molinos de rulos o desintegradores para la molturación primaria y laminadores de rodillos para la secundaria.

Cualquiera que sea la vía de molturación utilizada, nunca deberán existir en una masa arcillosa lista para el moldeado partículas superiores a los 2mm puesto que estas inciden muy negativamente sobre el acabado superficial y la resistencia mecánica del producto cocido, pudiendo dar lugar a la aparición de microfisuras en la superficie de la pieza, denominadas "patas de araña". Este defecto no es sólo superficial, sino que puede afectar a la resistencia mecánica del producto cocido.

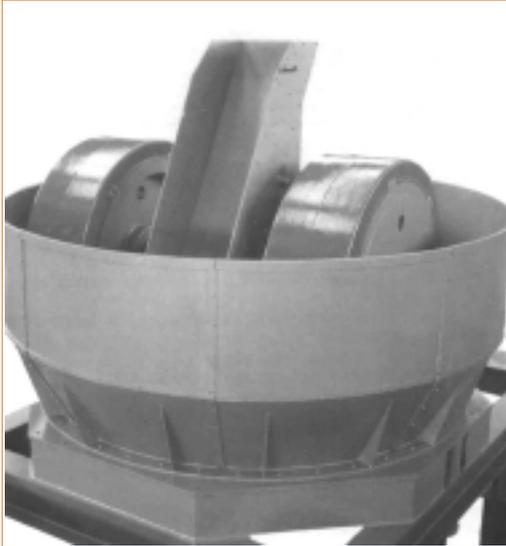


Figura 57: Molino de rulos

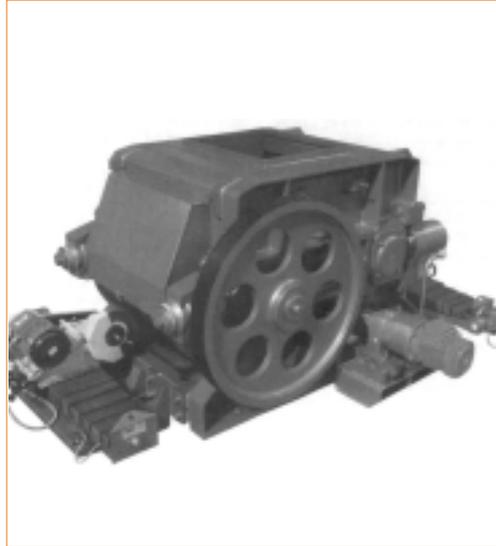


Figura 58: Laminador

6.6. Almacenamiento en silo-pudridero

Es el lugar de almacenamiento de la materia prima donde se completa el envejecimiento de las pastas cerámicas y se comienza a ajustar la humedad necesaria para los procesos posteriores.

6.7. Amasado y extrusión

El amasado consiste en la preparación última de la pasta cerámica, durante la cual se ajusta la humedad y se asegura una homogeneidad adecuada. Normalmente se efectúa por medio de amasadoras extrusoras y amasadoras filtro, siendo la más empleada la amasadora de dos ejes y cuba abierta.

Para obtener buenos resultados en la extrusión es necesario que la materia prima presente las mínimas variaciones en lo que respecta a composición, preparación y contenido en humedad, por lo que el proceso de homogeneización es clave dentro del proceso productivo.

La extrusión consiste en el moldeo de la pasta cerámica, es decir, es la etapa del proceso durante la cual se da la forma definitiva a la pieza cerámica.

Generalmente se efectúa con vacío para mejorar la cohesión entre las distintas partículas de la pasta cerámica, evitándose en gran medida posibles laminaciones y otra serie de defectos graves.

Cuando se trabaja con un vacío insuficiente, el aire remanente en la masa arcillosa se acumula inmediatamente por debajo de la capa superficial, formándose una cámara de aire en la que pueden llegar a cristalizar sales después de la puesta en obra de la pieza. Estas sales registran cambios de volumen al rehidratarse, generando tensiones que pueden hacer saltar la capa fina superficial que queda por encima de dichas cámaras de aire.

A medida que aumenta el grado de vacío, la cámara de aire formada se va desplazando hacia la superficie, hasta que llega un momento en que desaparece por completo. Estos problemas se solucionan trabajando con un mejor vacío, adicionando chamota o desengrasantes que dificulten la formación de capas de material orientado, extrusando más blando y alargando la longitud de salida del molde para aumentar la retención de la pasta y la presión.



Figura 59: Amasadora extrusora y amasadora filtro

Posteriormente la pasta es compactada mediante el empuje de una hélice obligando a pasar el barro a través de un molde, procurando que salga a la misma velocidad por toda la sección del molde.

Es importante controlar la plasticidad de la arcilla para lograr mantener la velocidad de extrusión constante y en paralelo, de las columnas de barro a través del molde.

En la extrusión del bloque Termoarcilla® se emplea un molde como el representado en la figura.

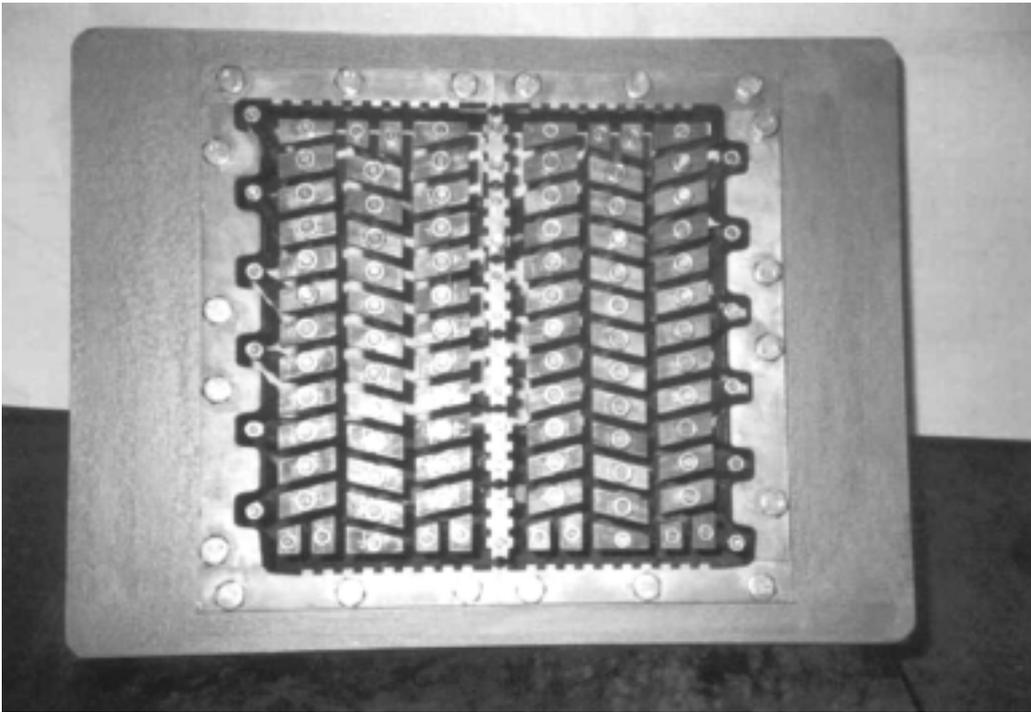


Figura 60: Molde de Termoarcilla

6.8. Cortado

El cortado se realiza con hilos metálicos en el carro cortador para dar a la pieza las dimensiones definitivas.

6.9. Secado

El secado consiste en la eliminación del agua que se ha utilizado para efectuar el moldeo de la pieza cerámica.

Es una de las fases más delicadas y trascendentales del proceso de producción puesto que un mal secado de las piezas puede arruinar por completo la misma.

Hay varios tipos de secaderos: de cámaras, túnel con estanterías, túnel de carga directa sobre vagonetas de horno, secadero de rodillos, de balancines a contracorriente, etc.

El proceso de secado consiste básicamente en hacer pasar las piezas por una corriente de aire uniforme, con un aumento constante de la temperatura según vaya secándose el material o según vaya éste adentrándose en el secadero.

El secado se divide en dos fases:

1ª Fase:

En esta fase se produce la evaporación del agua libre que contenía la pieza. Se realiza a velocidad constante hasta que se alcanza la humedad de equilibrio de la pieza con la atmosférica. La evaporación tiene lugar en la superficie de la pieza, por lo que será en esta primera fase del secado cuando pueden aparecer los llamados velos de secado.

2ª Fase:

En esta fase se evapora el agua químicamente ligada de la pieza. Dicha evaporación no tiene lugar en la superficie de la pieza, como en la fase anterior, sino que se produce en el interior de los capilares de la misma.

Los secaderos disponen de una fuente de calor, que normalmente procede del horno y de un generador de calor. Un conjunto de ventiladores industriales y conductos metálicos hacen que el aire caliente, o también el aire húmedo, circulen por donde sea necesario dependiendo de la curva de secado preestablecida.

Es de vital importancia durante el secado conocer y tener controlados diversos factores como la velocidad de secado, gradiente de temperaturas, circulación de aire, separación y disposición de las piezas así como tiempo de secado, ya que, un mal control de estos factores puede ser origen de múltiples defectos. Del mismo modo, el perfecto control de todas las variables del proceso de secado puede llevar a la optimización del mismo con el mínimo consumo energético.

6.10. Cocción

Se considera la fase más delicada e importante de la fabricación, ya que en esta fase de producción las piezas adquieren sus propiedades definitivas. Consiste en una serie de transformaciones físico-químicas de la masa arcillosa debido al aporte de calor. En general se produce la desaparición de las especies minerales existentes en la pasta cerámica, con formación de otras nuevas o bien de fases amorfas.

Durante el proceso de cocción del bloque Termoarcilla a temperaturas mayores de 850°C, los componentes granulares que se habían añadido a la masa arcillosa desaparecen sin dejar residuos y se logra una porosidad controlada y homogénea repartida en toda la masa del bloque.

Para lograr la optimización del proceso de cocción y evitar la aparición de defectos que durante el mismo pudieran producirse, es necesario conocer perfectamente las reacciones que tienen lugar en la pieza durante el mismo (absorción y desprendimiento de calor, desprendimiento de gases, dilataciones y contracciones, etc).

Para efectuar una buena cocción hay que tener en cuenta que existen determinados intervalos de temperatura en los que se originan fuertes contracciones o dilataciones del material. Éstas son las zonas críticas donde se producen las fisuras de precalentamiento, cocción y enfriamiento.

Por lo tanto, en estos intervalos de temperatura se deberá tener en cuenta la velocidad de cocción, control de temperaturas, volumen de carga y disposición y separación de las piezas, estableciendo una curva de temperaturas considerada como la curva ideal de cocción.

Estas zonas problemáticas se pueden conocer previamente efectuando un análisis dilatométrico.

El horno más empleado en la fabricación de piezas de arcilla cocida es el “horno túnel” que puede ser de empuje discontinuo o de impulsión continua.

A su vez el más conocido y extendido es el discontinuo, con cámara de combustión entre paquetes.

El horno túnel continuo no dispone de cámaras de combustión entre paquete y paquete, situándose los quemadores por encima de la carga y por debajo de la solera de refractario sobre la que apoya la carga.

El horno túnel puede considerarse como un túnel lleno de vagonetas cargadas de material a cocer, de forma que discurren por una vía constituyendo un tren continuo de carros. Por fuera y en paralelo, hay otras vías en las que se mueven las vagonetas con material cocido y las cargadas con material a cocer. La carga de las vagonetas está compuesta por los bloques dispuestos en paquetes. A la entrada del horno y en un foso hecho en el suelo se dispone de un mecanismo que empuja el tren de carros cuando sea necesario. Para controlar la marcha de los gases en el interior del túnel, el horno dispone de puertas, o bien en hornos más modernos hay una esclusa de entrada y otra de salida.

El horno suele estar dividido en cuatro zonas:

- a) Zona de tiro, en la que los gases procedentes de la combustión son expulsados al exterior por la acción de al menos un ventilador.
- b) Zona de precalentamiento, donde el material se va preparando para su cocción, elevando poco a poco su temperatura.
- c) Zona de fuego, en donde está instalado el equipo de combustión, bien en la bóveda del horno o bien en las paredes laterales dependiendo del tipo de horno. Es donde se realiza la cocción del material.
- d) Zona de enfriamiento, donde el material se enfría para su posterior manejo y que suele estar dividida en dos zonas: de enfriamiento lento y final.

6.11. Tratamientos finales

Una vez realizada la cocción, las vagonetas son retiradas del horno por el cable tractor y de ahí son conducidas a las máquinas desapiladoras y, seguidamente, a las paletizadoras, pasando posteriormente el producto a la fase de tratamientos finales.

6.12. Producto final, paletizado y apilado

Finalmente, el material cocido es extraído al patio de almacenamiento donde se descarga normalmente sobre palets de madera, constituyendo paquetes de envío de 1 m de lado aproximadamente para aprovechar la caja del camión. Una lámina de plástico suele cubrir el paquete para darle estabilidad durante su manejo.

Los palets son apilados mediante carretillas elevadoras en el patio, donde permanecerá hasta su carga en camión y transporte a obra.

7. Normalización y certificación

7.1. Especificaciones según UNE 136010

La norma de especificaciones actualmente en vigor para bloque cerámico de arcilla aligerada es la UNE 136010:00. Las características exigidas al producto conforme a dicha norma aparecen recogidas en la tabla 8.

NORMAS DE ENSAYO	ESPECIFICACIONES PARA BLOQUES CERÁMICOS DE ARCILLA ALIGERADA PARA REVESTIR SEGÚN UNE 136010:00		
UNE 67-039	ESTRUCTURALES	FISURAS	≤ 1 Pieza fisurada (de una muestra de seis piezas)
		DESCONCHADOS	Se admitirán como máximo 3 desconchados por dm ² , cuya dimensión esté comprendida entre 7 y 15 mm.
UNE 67-030	GEOMETRICAS	TOLERANCIAS DIMENSIONALES (Sobre el valor nominal)	≤ 4% (máx 8 mm)
UNE 67-030	DE LA FORMA	PLANEIDAD	L ≥ 30 cm. 6 mm
			30 cm. > L ≥ 25 cm. 5 mm
			25 cm. > L ≥ 14 cm. 3 mm
		ESPESOR MINIMO DE PARED	PARED EXTERNA 8 mm
		PARED INTERNA 5 mm	
UNE 67-026 UNE EN 772-3 UNE-EN 772-3	OTRAS	RESISTENCIA A LA COMPRESION	≥ 50 daN/cm ²
DENSIDAD DE LA ARCILLA ALIGERADA		≤ 1.850 Kg/ m ³	
SUPERFICIE DE PERFORACIONES		≥ 60%	
NUMERO DE POROS		≥ 50 poros / dm ²	

Tabla 8: Especificaciones según UNE 136010

7.2. Mercado CE

El mercado CE del bloque Termoarcilla® deberá realizarse conforme a la norma UNE EN 771-1: “Especificaciones de piezas para fábrica de albañilería. Parte 1: Piezas de arcilla cocida”, que establece los requisitos a cumplir por los bloques cerámicos aligerados para el mercado CE, según la Directiva de Productos de Construcción 89/106/CEE.

La entrada en vigor de la nueva norma armonizada UNE EN 771-1 para ladrillo y bloque cerámico está prevista para el 1 de diciembre de 2004. A partir de entonces se iniciará el período de coexistencia, existiendo un plazo de 12 meses para que los fabricantes de bloque Termoarcilla procedan al mercado CE voluntario del producto, siendo de carácter obligatorio a partir del 1 de diciembre del 2005.

Con la entrada en vigor del mercado CE obligatorio quedará anulada la actual norma de especificaciones UNE 136010.

Los aspectos más destacados de este marcado son:

- El marcado CE es el requisito indispensable para que un producto pueda comercializarse en su país de fabricación y dentro de la Unión Europea (libre circulación).
- Indica la conformidad del producto con los requisitos esenciales de la Directiva de Productos de Construcción que le afectan y con las especificaciones técnicas de la norma armonizada.
- Es una certificación obligatoria según la norma armonizada de producto UNE EN 771-1.
- La fijación del marcado CE es responsabilidad del fabricante, de su agente o representante autorizado establecido dentro de la UE.
- El fabricante debe cuidar que el marcado CE figure en el producto, en una etiqueta aplicada al mismo, en su embalaje o en los documentos comerciales de acompañamiento.
- El marcado CE no es una marca de calidad, pero puede coexistir con otras marcas de calidad voluntarias (p.ej: marca AENOR)
- Las marcas de calidad voluntarias :
 - Cumplen una función diferente al Marcado CE.
 - Son conformes con objetivos diferentes o adicionales (mayor nivel de exigencia) a los relacionados con el marcado CE
 - Representan un valor añadido de producto.
 - Son voluntarias y no deben prestarse a confusión con el marcado CE, de carácter obligatorio. No deberán reducir ni obstaculizar la legibilidad y visibilidad del marcado CE.

7.2.1. Certificación de la conformidad CE

La clasificación conforme a la norma UNE EN 771-1 de los bloques cerámicos de arcilla aligerada es pieza LD (pieza de arcilla cocida para uso en fábricas revestidas, con densidad aparente $\leq 1.000 \text{ kg/m}^3$) pudiendo ser a su vez categoría I o categoría II.

La evaluación de conformidad según la norma UNE EN-771-1, tiene en cuenta no sólo el producto sino también el uso o la aplicación prevista. Se establecen así dos sistemas de evaluación:

Productos	Uso previsto	Sistemas de evaluación de conformidad
Piezas Categoría I	Muros, pilares y particiones (Uso general)	2+
Piezas Categoría II	Muros, pilares y particiones (Uso general)	4

Tabla 9: Sistemas de certificación de la conformidad CE

- **Categoría I:** Piezas con una resistencia a compresión declarada con probabilidad de no alcanzarse inferior al 5%. Es decir la pieza debe garantizar la resistencia a compresión característica declarada por el fabricante.
- **Categoría II:** Piezas que no cumplan el nivel de confianza especificado para las piezas de categoría I, es decir con una probabilidad de fallo superior al 5%.

Para llevar a cabo el sistema de certificación de conformidad, es necesario la realización de determinadas tareas por parte del fabricante y de un organismo notificado.

En la tabla siguiente se resumen los sistemas de certificación y las tareas requeridas:

Tareas		Sistemas	
		2+	4
Fabricante	Control de producción	x	x
	Ensayo inicial de tipo del producto	x	x
Organismo Notificado	Inspección inicial de fábrica y control de producción	x	
	Certificación del control de producción en fábrica Vigilancia continua, evaluación y aprobación del control de producción		

(X = Tarea requerida)

Tabla 10: Tareas para la evaluación de la conformidad CE

Sistema 2+ = El fabricante debe acudir a un organismo de inspección (notificado) que vigilará periódicamente el control de producción para poder emitir el “Certificado de Conformidad”. Además realizará los ensayos iniciales de tipo de los productos y deberá preparar la “Declaración CE” e iniciar el marcado.

Sistema 4 = Autocertificación por parte del fabricante. Basta con que el fabricante tenga implantando el control de producción y que realice los ensayos iniciales de tipo en laboratorio propio o externo. A continuación debe preparar la “Declaración CE” e iniciar el marcado

7.2.1.1. Control de producción

El fabricante debe establecer un sistema de control interno de la producción y estar documentado. De este modo se asegura que los bloques Termoarcilla® son conformes a los valores declarados según la norma UNE EN 771-1.

El control de producción abarca:

- a) Control de materias primas
- b) Control del proceso de fabricación
- c) Ensayos de producto acabado
- d) Trazabilidad

7.2.1.2. Ensayos iniciales de tipo

Los ensayos iniciales de tipo para los bloques cerámicos de arcilla aligerada (piezas LD) deberán ser los ensayos o cálculos descritos en el Anexo A de la norma UNE EN 771-1, en la Tabla A.1, dependiendo del uso previsto del producto.

Propiedad	Apartado UNE EN 771-1	Método de ensayo	Número de piezas a)
Dimensiones	5.3.1	UNE-EN 772-16	10
Geometría y forma	5.3.2	UNE-EN 772-16 UNE-EN 772-3 UNE-EN 772-9	10
Densidad aparente	5.3.3	UNE-EN 772-13	10
Densidad absoluta	5.3.3	UNE-EN 772-13	10
Resistencia a compresión	5.1 y 5.3.4	UNE-EN 772-1	10
Resistencia térmica	5.3.5.	UNE-EN 1745	-
Resistencia al hielo/deshielo*	5.3.6	UNE 67028	6
Expansión por humedad	5.3.10	UNE 67036	6
Contenido de sales solubles	5.3.9	UNE-EN 772-5	10
Reacción al fuego	5.3.11	UNE-EN 13501-1	-
Adherencia	5.2.13	UNE-EN 1052-3	27

Si procede, (p.ej. cuando las piezas no se vean afectadas por el procedimiento de ensayo), pueden emplearse las mismas piezas para diferentes ensayos.

Tabla 11: Ensayos iniciales de tipo para piezas LD

El objeto de estos ensayos es la caracterización del producto de acuerdo con las exigencias de la norma de especificaciones y verificar a su vez la conformidad con los valores declarados por el fabricante cuando se produzca un cambio en el producto o en el proceso de fabricación.

7.2.1.3. Certificado CE y Declaración de Conformidad

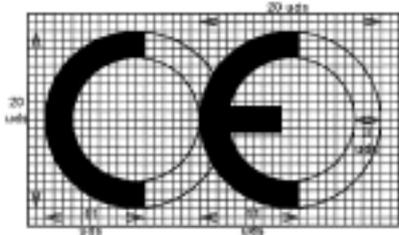
Cuando el fabricante ha realizado todas las tareas de certificación pertinentes para su producto, deberá completar una “Declaración de Conformidad”, que se guarda en un expediente técnico sobre el producto en cuestión. Esta Declaración deberá complementarse con un Certificado del Control de Producción en Fábrica, junto con los informes de los ensayos de autocontrol.

7.2.2. Información del mercado CE y etiquetado

El fabricante o su representante establecido en la UE, es el responsable de estampar el marcado CE en el producto. Cuando no sea posible se indicará en una etiqueta aplicada al mismo, en su embalaje o en los documentos comerciales de acompañamiento (p.ej. albaranes).

La información adicional que debe acompañar al símbolo del marcado CE es:

- Número de identificación del organismo notificado (sólo para las piezas con sistema 2+)
- Nombre o logotipo del fabricante y su dirección registrada
- Los dos últimos dígitos del año en que se estampó el marcado
- Número del Certificado de Conformidad o del Certificado del Control de Producción (si procede)
- La referencia a la norma armonizada UNE EN 771-1
- Descripción del producto: nombre genérico, tipo de pieza, categoría, dimensiones y uso al que va a ser destinado
- Información sobre las características esenciales del producto exigidas en el anexo ZA (tabla ZA.1.1) de la norma UNE EN 771-1

		<p>Símbolo CE</p>
<p>(Deben conservarse las proporciones, siendo la dimensión vertical mínima de 5 mm)</p>		
01234		Número de identificación del organismo notificado (sólo para sistema 2+)
Fabricante, Dirección		Nombre o logotipo del fabricante y su dirección registrada del producto
04		Los dos últimos dígitos del año en que se estampó el marcado
0123-CPD-00234		Número de Certificado de Conformidad (sólo para sistema 2+)
EN 771-1		Norma de producto
Bloque cerámico de arcilla aligerada, Pieza LD, Categoría I, Uso general		Descripción del producto en función de las especificaciones técnicas indicadas en la norma armonizada, según tipo de pieza y uso previsto
<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones: (largo, ancho, alto) mm - Tolerancias dimensionales: Categoría: T1 Recorrido: NPD Planeidad: NPD Paralelismo: NPD - Configuración: según dibujo adjunto - Resistencia a compresión: Valor medio (N/mm²) (categoría I) Valor ⊥ a la cara de apoyo Valor ⊥ a la altura - Estabilidad dimensional: Expansión por humedad (NPD)* - Adherencia: Valor (N/mm²) - Contenido de sales solubles activas: NPD (S0) - Reacción al fuego: Euroclase A1 - Absorción de agua: "No se empleará sin revestir" - Coefficiente de difusión del vapor de agua - Aislamiento acústico a ruido aéreo directo: Densidad (Kg/m³) Geometría y forma (véase dibujo acotado de la pieza) - Conductividad térmica equivalente: λ (W/m °K) (λ_{10,88ca}) - Durabilidad frente al hielo/ deshielo NPD 		Información sobre las características reglamentadas recogidas en la tabla ZA.1.1 de la norma UNE EN 771-1

*(NPD) = Prestación no declarada. Se puede emplear la opción NPD para aquellas características no sujetas a reglamentación de obligado cumplimiento en el país de comercialización del producto.

Tabla 12: Ejemplo de información del marcado CE para una pieza LD de Categoría I con uso general

7.3. DAU

7.3.1. Definición

El DAU (Documento de Adecuación al Uso) expresa una evaluación favorable de las prestaciones de un producto para ser utilizado en un determinado uso, definido en el propio documento. Se consideran tanto las prestaciones del producto como las de los elementos construidos con el mismo, teniendo en cuenta las soluciones constructivas propuestas.

El DAU lo elabora y concede el ITeC (Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña). En el BOE nº 94 de abril de 2002 figura la resolución por la que se autoriza al ITeC para expedir los DAU, de acuerdo con lo previsto en la Ley 21/1992 de Industria.

El DAU se dirige a:

- Productos de construcción sin una norma específica de producto.
- Productos de construcción que, aun teniendo norma de producto, constituyen sistemas constructivos no normados.
- Productos de construcción que se desvían significativamente de la norma que les aplica.

La concesión del DAU se realiza teniendo en cuenta el cumplimiento de los requisitos definidos por la Directiva Europea de Productos de la Construcción 19/106, para las obras de construcción:

- Resistencia mecánica y estabilidad
- Seguridad en caso de incendio
- Higiene, salud y medioambiente
- Seguridad de uso
- Protección contra el ruido
- Ahorro de energía y aislamiento térmico

Además es necesario que:

- El producto esté identificado y definido
- Los usos del producto estén definidos
- Las soluciones constructivas estén definidas
- El producto se fabrique industrialmente y su producción disponga de un sistema de control consolidado y documentado que garantice la homogeneidad del producto

El DAU contiene toda la información del producto y del sistema que puede ayudar a un técnico de la construcción en el proyecto, en la dirección de obra y en las operaciones de control.

Tiene una validez de 5 años y está sometido a inspecciones de seguimiento periódicas con las cuáles el ITeC comprueba que las condiciones del producto y de la fabricación que motivaron la concesión del DAU no se han modificado. Al final de estos 5 años, y si los resultados del seguimiento efectuado son positivos, el DAU se renueva de forma automática.

El DAU y el DIT obedecen a los mismos criterios, siendo equivalentes a todos los efectos. La única diferencia entre el DIT (Documento de Idoneidad Técnica) y el DAU (Documento de Adecuación al Uso), es que el DIT es elaborado y concedido por el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, mientras que el ITeC es la entidad que otorga el DAU.

7.3.2. DAU Termoarcilla®

Dentro de las acciones encaminadas a ofrecer una mayor fiabilidad al usuario de Termoarcilla® y como apuesta por la calidad, destaca la obtención de los primeros DAU's de Termoarcilla® otorgados por el Instituto de Tecnología de la Construcción de Cataluña (ITeC) en mayo de 2003.

El DAU se concede a un producto fabricado por una empresa en una planta de producción determinada. Por consiguiente, la elaboración de los DAU de Termoarcilla® ha tenido lugar en dos niveles:

- **Parte común:** En la que se han considerado los aspectos comunes a todos los fabricantes del Consorcio, así como los criterios de proyecto y ejecución generales del sistema Termoarcilla®.

Esta parte común ha sido publicada por el Consorcio Termoarcilla® bajo el título: Criterios de diseño constructivo y ejecución de soluciones de una hoja de bloque Termoarcilla® (Abril 2003). También se recoge la parte común en la presente Guía, en los capítulos 1 al 5.

- **Parte particular:** En la que se han considerado las peculiaridades de cada empresa en cuanto a la fabricación de los bloques.

Los DAU's particulares de los fabricantes del Consorcio Termoarcilla® pueden consultarse en la web del Consorcio: [www.termoarcilla.com/DAU/DAU Termoarcilla®](http://www.termoarcilla.com/DAU/DAU%20Termoarcilla%20).

8. Evolución del sector

Desde la constitución del Consorcio Termoarcilla® (Asociación que agrupa a los fabricantes españoles de bloque cerámico de arcilla aligerada Termoarcilla®) en 1988 para promover su implantación en España, ha ido creciendo el número de viviendas construidas con este material.

En la actualidad existen en España más de 200.000 viviendas construidas con Termoarcilla®, cifra que irá en aumento tras la eliminación de las progresivas incertidumbres en la obtención del seguro decenal obligatorio.

Para lograr este significativo avance, las inversiones realizadas en los últimos cinco años han superado los 180 millones de euros, dedicados principalmente a la innovación técnica y de los procesos productivos.

En cuanto a la evolución de las ventas del bloque Termoarcilla®, puede apreciarse un descenso significativo desde el año 2000, coincidiendo con la entrada en vigor de la Ley de la Ordenación de la Edificación (LOE). Desde su publicación en mayo de 2.000 las compañías de seguros calificaron a Termoarcilla como sistema constructivo “no tradicional” por llevar menos de 10 años en el mercado español, evitando así riesgos desconocidos. Sin embargo en otros países como Alemania, Italia, Suiza y Austria, se utiliza desde hace más de 30 años.

La consideración de producto “no tradicional” conlleva una “reserva técnica inicial al material” que ha constituido una barrera administrativa que ha disuadido a muchos promotores a utilizar el bloque Termoarcilla®. En este momento, y desde hace un par de años, cumpliendo con las exigencias de las compañías aseguradoras, se ha conseguido eliminar la reserva técnica inicial al material, lo que facilita el aseguramiento de las obras en las que se emplea Termoarcilla® como elemento estructural.

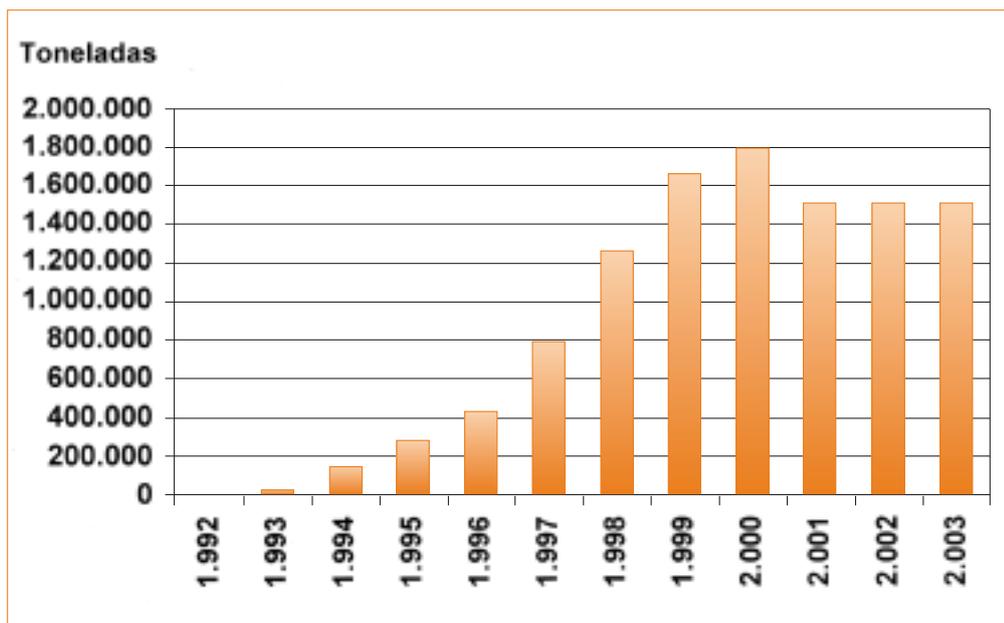


Figura 61: Evolución de la ventas del bloque Termoarcilla®



CONSORCIO
TERMOARCILLA

C/ Orense nº 10, 2º · 28020 Madrid
Tel.: 91 770 94 80 · Fax: 91 770 94 81
termoarcilla@hispalyt.es
www.termoarcilla.com

Este documento recoge la información del **Consorcio Termoarcilla** sobre criterios de proyecto y ejecución del sistema **Termoarcilla®**, que ha sido aceptada por el **ITeC** como referencia para los **DAU Termoarcilla®**.